

18266

# AKUMULATORI.

SVEZ. I.



KNJIŽNICA  
ELEKTROTEHNIČKOG FAKULTETA  
ZAGREB  
Inv. br. 409  
1./ Sveopći dio.  
Sign.: KF-43

KNJIŽNICA  
Elektrotehničkog fakulteta  
ZAGREB

Još nije uspjelo električnu radnju kao takovu sabirati. Mora se ju pretvoriti. Produkte kemijskog djelovanja struje može se pod određenim prilikama neko vrijeme spremati, te kod potrebe pomoću kemijskih procesa opet pretvoriti u električnu radnju. Ovakve sprave zovu se akumulatori ili sekundarni elementi. Najviše upotrebljeni akumulator je olovni akumulator. Djelovanje bazira na slijedećem.

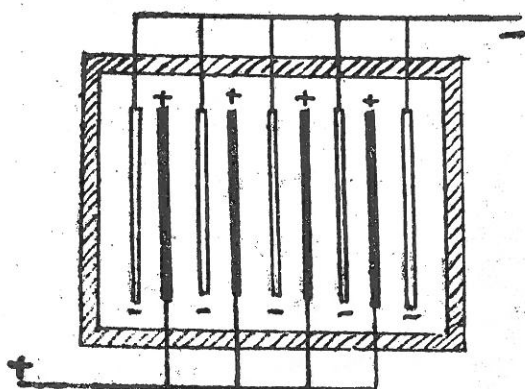
Uronimo u razrijeđenu sumpornu kiselinu  $H_2SO_4$  olovne elektrode, koje spojimo sa izvorom istosmjerne struje, onda pretvori struja, koja teče od jedne elektrode kroz tekućinu k drugoj, olovo na površini one elektrode, koja je spojena sa pozitivnim polom izvora struje u olovni superoksid  $PbO_2$ , tvar čokolado-smedje boje.

Druga elektroda će biti čisto olovo, na njoj se razvija vodik. Prekinemo struju nakon nekoliko vremena, vidi se pokusom da su postale olovne elektrode električni polovi, koji tvore sa sumpornom kiselinom galvanični elemenat određene elektromotorne sile, koji nam daje struju, ako ploče spojimo. Jakost struje pada prilično brzo te se konačno izgubi. Dok daje elemenat struju pretvara se olovni superoksid na pozitivnoj ploči u olovni sulfat  $PbSO_4$ . Istodobno pretvara se također na negativnoj ploči olovo u olovni sulfat  $PbSO_4$ . Spojimo onda ovaj sekundarni elemenat sa izvorom struje, možemo na novo elemenat nabiti. Na pozitivnoj ploči / anodi / nastane opet  $PbO_2$  na negativnoj pretvori se  $PbSO_4$  u sitno razdijeljeno olovo. Plante je našao, da se može uvijek veću i veću količinu električne energije sabirati, ako se nabijanje te izbijanje više nute ponovi. Uvijek veći dio olova pretvori se onda na pozitivnoj ploči u  $PbO_2$  isto tako raste kvantiteta sitno razdijeljenog olova. Olovo postane

na površini porozno, spužvasto. Čim je veća kvantiteta ove porozne tvari, tim veća množina električne energije može se sakupiti. Ovaj proces ponovnog nabijanja te izbijanja, kojim se aktivnu masu akumulatora povećava, zove se formiranje. U istoj mjeri, u kojoj raste porozna masa, oduzima debljina još nepromjenjene jezgre. Je li ovaj zadnji dio skoro potrošen raspadnu se ploče, akumulator postane nepotrebljiv. Kod ovog procesa su pozitivne ploče, na kojima nastane  $PbO_2$  mnogo više učestvovane nego negativne. Akumulator ima prema tome samo određeni vijek / Lebensdauer /, kojega se može povećati, ako se uzmu deblje ploče.

Zbog tog formiranja bili bi akumulatori po Plante-ovom sistemu preskupi. Faure je izumio, da se može aktivna masa / substanta /, to je  $PbO_2$  za pozitivnu ploču, na ovu ploču već od početka naložiti. Uzeo je minij /  $Pb_3O_4$  / za pozitivnu ploču, te za negativnu istu tvar ili još bolje olovni oksid / olovno gledje /  $PbO$ . Prvo nabijanje pretvori minij u superoksid, olovni oksid u sitno razdijeljeno olovo. Pomoću ovoga "pastiranja" nije bilo više potrebno formiranje po sistemu Plante. Ploče sa umjetno dodanom aktivnom masom zovu se "Massee" ploče.

Akumulator sastoji se obično iz pravokutne staklene posude, i li posude iz vulkanizirane gume / Hartgummi /, u kojoj je udešeno više pozitivnih i negativnih ploča u okomitom položaju. Sve pozitivne ploče su među sobom spojene, isto tako sve negativne i to pomoću pripajnog olova / paralelni spoj /. Na taj način postigne se isto kao da



sl. 1.

bi se uzelo samo jednu veliku pozitivnu i jednu veliku negativnu ploču, svaka površine jednaka sumi površina pojedinih ploča. Ploče vise izmjenično to jest za negativnom sledi pozitivna, onda negativne i t. d. Obično su vanjske ploče negativne tako da je jedna negativna više od

pozitivnih u ovakvom elementu.

Ploče imaju pravokutni oblik te se sastoji osim iz aktivne mase samo iz čistog olova / Hartblei, olovo te nešto antimona /. Antimon uzme se obično za negativne ploče. Površina ploča nije ravna nego puna izdubinama, luknjama, zarezima i t.d. da se na taj način poveća površina, te se bolje drži aktivna masa. Kod pastiranih ploča t.j. ploča sa umjetno naloženom masom, napravi se iz aktivne tveri, razrijeđene sumporne kiseline, glicerina i t.d. kaša, koju se naloži i namaže na ploče, da dobiju opet ravnu, jednoliku površinu.

Pojedine pozitivne ploče elemenata su pomoću stakla, vulkanizirane gume i t. d. razdijeljene od negativnih, tako da ne mogu doći do doticaja. Sve ploče moraju biti nešto udaljene od donje strane posude, da ne bi moglo doći do kratkog spoja, ako ispadne nešto aktivne mase iz ploče. Ploče se objesi na rub posude sa osobitim dijelovima ploča / nos i zastava- Nase u. Fahne./

Tekućina je razrijeđjena sumporna kiselina od 23,5 - 26 % / spec. težina 1,17 - 1,19 15°C / ili 21° - 23° Baume. Za baterije osobito jakog opterećenja ili koje imaju samo malo prostora za kiselinu / na pr. transportabilne / uzme se više puta takodjer jača kiselina do 30% / do 26,1° Baume, spec. tež. 1,22./ Kiselina mora biti veoma čista, te se smije razrijediti samo sa destiliranom vodom. Nesmije sadržavati klor salitrenu kiselinu, te kovine, koje su više elektronegativne nego što je olovo, n.pr. bakar te srebro, takodjer željezo je škodljivo.

## 2./ Elektromotorna sila, unutarnji otpor, napetost stezaljke.

### Nabijanje, izbijanje.

Elektro-motorna sila EMK nabitog akumulatora sa olovnim pločama je ca. 2 Volt. Unutarnji otpor je ovisan od međusobne udaljenosti ploča, njihove veličine te tekućine; on iznaša već kod malenih elemenata samo do  $\frac{1}{100} \Omega$  i leži kod većih ispod  $\frac{1}{1000}$ . Za praktične svrhe je najvažnija napetost na stezaljkama N, koja je ovisna o el. m. s. E, o nuta-

rnjem otporu  $R_i$  te jakosti struje  $I$ .

Za izbijanje vrijedi:

$$N = E - \gamma \cdot R_i$$

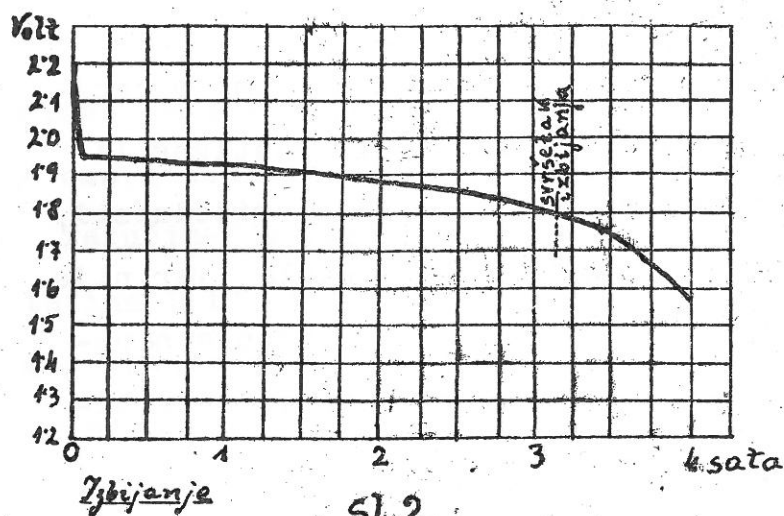
Za nabijanje:

$$N = E + \gamma \cdot R_i$$

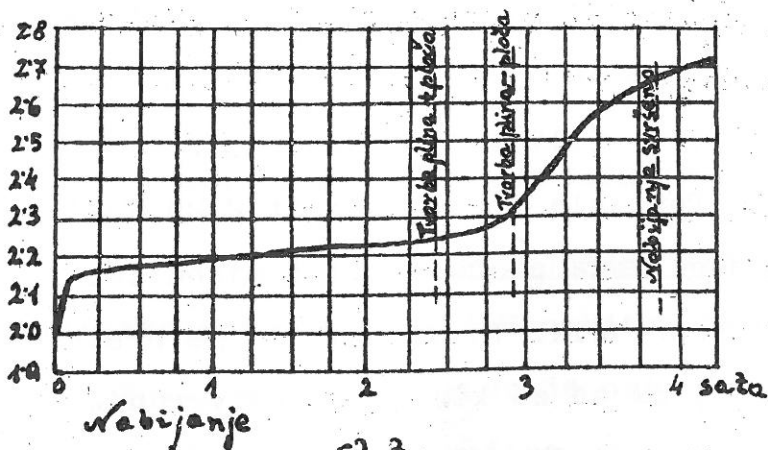
Kod izbijanja pada el. m. sila u prvim minutama veoma brzo, onda polagano, te prema kraju izbijanja opet brže. Istodobno raste unutarnji otpor, najprije malo onda više. O jakosti struje ovisna napetost na stezaljkama iznaša, kod normalnog izbijanja u vreme od 3 sata, nekoliko minuta po početku izbijanja 1,95 - 1,92 Volta. Izbijanje se mora prekinuti, ako je ova napetost kod pune jakosti struje pala do 1,83-1,81 Volt. U praksi je prema tome izbijanje svršeno, ako iznaša otpadanje od 6%. Ali element još nije sasvim izbit. Ima još znatnu množinu elektriciteta. Ako bi kod iste jakosti struje još dalje izbijali akumulator, onda počne napetost uvijek brže padati. Postigne li vrijednost 1,7 Volt onda pada jako brzo na  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{3}$  prvašnje vrijednosti, akumulator je sasvim iscrpen. Ovakovo izbijanje nema smisla, jer nije moguće držati konstantnu napetost. Sl. 2. prikazuje prolazanje napetosti stezaljaka, kod izbijanja, odmah po nabijanju. Granica praktičnog izbijanja označena je se okomicom iz točke.

Kod nabijanja normalno izbitog akumulatora raste EMS u prvim minutama brzo, onda uvijek polaganije, na kraju nabijanja opet brže. Unutarnji otpor pada. Kod normalnih razmjera iznaša napetost stezaljka kod početka normalnog nabijanja, koje traje na pr. 4 sata približno 1,85 Volt, raste u nekoliko minuta na 2,15 - 2,17 Volt. Sada raste napetost veoma polagano približno dva sata. Postigla je vrijednost 2,25 Volt. Najprije počne pozitivna pa onda negativna ploča tvoriti mjehuriče iz plina i to pozitivno kisik, negativno vodik. To je znak da je pretvaranje mase već tako daleko dospjelo, da se za kemijsko pretvaranje ne upotrebljava više čitavu jakost struje, jedan dio troši se za stvaranje kisika i vodika. Tvorba plina postaje uvijek veća, dok se konačno čitava struja ne bude trošila na to.

Od početka tvorbe plina na negativnoj ploči - napetost na stezaljka-  
ma iznaša onda približno 2,3 Volt, počne napetost dosta brzo rasti i  
to do 2,5 Volta, onda opet polagano, dok se porast ne izgubi. Naravno  
ne vrijede iste granice za sve akumulatore. Kod najjače tvorbe plina  
iznaša napetost 2,6 Volt, te raste još dalje do 2,7 i više, ako se st-  
ruja ne prekine. Granica kod koje je nabijanje dovršeno, nije tako ta-  
čno određena kao kod izbijanja. Na svaki način nije dostatno samo do  
tvorbe plina nabijati. Da ostanu ploče u dobrom stanju mora se više  
puta nabiti do moćne tvorbe plina. Nabijanje može se smatrati svršenim  
ako je postigla napetost 2,6 - 2,7 Volta. Za vrijeme tvorbe plina mo-  
ra se struju približno na polovicu oslabiti.



Sl. 2.



Sl. 3.

Obično bi se moglo odrediti  
da se nabijanje ukine, ako se  
porast napetosti opet izgubi  
i to poslije brzoga porasta sa  
tvorbom plina. Ova točka je u  
slici 3, koja nam daje prolazne  
nje napetosti kod nabijanja od  
mah po izbijanju, označena.

Ovdje ćemo spomenuti da vrije-  
dnosti, što smo ih do sada na-  
veli, te koje nam daju krivu-  
lju, nisu iste za sve baterije  
vrsta aktivne mase, oblik, ve-  
ličina ploča, gustoća struje,  
koncentracije tekućine i t.d.,  
sve to upliva da mogu biti ra-  
zlike do nekoliko procenata.  
Navedene vrijednosti vrijede  
za elemente u dobrom stanju,  
izbijanje 3 sata, nabijanje 4

kod upotrebe maksimalne dozvoljene jakosti struje, tekućina po normalnom izbijanju 20° Baume.

### 3./ Promjena tekućine kod nabijanja i izbijanja.

Zbog kemičkih procesa kod nabijanja i izbijanja akumulatora ne ostane tekućina ne promjenjena. Kod razdiobe olovnog sulfata kod nabijanja nastane određena množina sumporne kiseline, voda će biti potrošena, sadržaj kiseline tekućine raste. Obratno tvori se kod izbijanja voda, tako da pada sadržaj kiseline. Ove promjene može se lako mjeriti. Kod nabijanja raste spec. tež, tekućine, kod izbijanja pada.

Ako je akumulator u pravilnoj upotrebi, ostanu maksimalna i minimalna vrijednost spec. težine skoro konstantna.

Ako se akumulator prenabije, onda ne raste više gustoća kiseline od momenta, u kojem ima tvorba plina najveću vrijednost, te isto tako napetost. Vrijednost granice ne može se uopće odrediti, jer su ovisne o različitim prilikama kao: koncentracija prve napune, množina tekućine, ploče i t. d.

Površina ploča određuje množinu elektricitete, koja je potrebna za normalno nabijanje te izbijanje. Od ove množine ovisna je množina sumporne kiseline te vode, koja nastane odnosno se pretvori kod kemičkog procesa. Postavi li se prema tome iste ploče jedanput u veću, drugi put u manju množinu tekućine, dobija se u prvom slučaju, kod normalnog nabijanja te izbijanja, manje promjene spec. težine nego u drugom slučaju.

Za današnji obični oblik posude, u koju se umetne više pozitivnih i negativnih ploča u udaljenosti 10 - 15 mm, tako da ostane još ispod ploča prosti prostor visine od 100mm, visina tekućine nad pločama 20 mm, može se približno granice promjene gustoće odrediti:

Ako smo napunili novi element sa kiselinom od 22° Baume / spec. tež 1,18 kod 15 C, 24,7% koncentrirane kiseline/ onda pada gustoća, ako je bila baterija nekoliko vremena u upotrebi, kod normalnog izbijanja da

približno 1,16 , te raste kod nabijanja do približno 1,205.

Ako se je za zadanu bateriju ove granice odredilo, onda se može sa aerometrom odrediti napredak na- ili izbijanja. Naravno da je ovo mjerenje veoma nesigurno. Za mjerenje umetne se aerometre između dvije ploče. Za tu svrhu imamo osobite aerometre.

Konačno mora se spomenuti, da gustoća kiseline u bateriji ili elementu nije jednolika. Ona pada odozdo prema gore, tvorba plina istom pomješa nešto tekućinu. Zbog toga se može mjeriti samo srednja gustoća. Prije navedene vrijednosti odnose se na ovu srednju gustoću. Razlika u koncentraciji, između gore i dolje, može biti od 1,5 - 4 %.

Koncentracija upliva na elektromotornu silu i na kapacitetu akumulatora. Za koncentraciju kiseline od 10 do 30 % raste e. m. s. i kapaciteta. Ali nije ugodno uzeti veću koncentraciju od 25 %, jer raste sa koncentracijom također inaktivni olovni sulfat, koji umanjuje kapacitetu.

#### 4./ Maksimalna jakost struje. Gustoća struje.

Maksimalne jakosti struje za nabijanje, te izbijanje ovisne su o veličini radne površine ploča. Veličina struje za jedinicu površine ploča, t.j. gustoća struje, nesmiye se samovoljno odabrati. Za svaku konstrukciju su za nabijanje te izbijanje za gustoću struje granice određene, koje se nesmiyu prekoračiti bez štete za ploče. Uzme li se kod nabijanja preveliku gustoću struje, izgubi se već odmah po početku dio struje za tvorbu plina. Ako se izbija akumulator sa prevelikom gustoćom, dobi se od množine elektricitete, koja je ulazila u ploče, mnogo manje nego kod normalne gustoće. U oba slučaja rasklima se vezu aktivne mase sa pločom, dijelovi mogu otpasti.

Normalna gustoća iznaša za akumulatore u stacionarnoj upotrebi za rasvjetu/ izbijanje po najmanje 3 sata sa normalnom strujom/, za nabijanje 0,9 do 1,4 amp. za  $\text{dm}^2$  površine pozitivnih ploča; za izbijanje / u toku od tri sata/ 1,0 - 1,5 amp/ $\text{dm}^2$ . Kod akumulatora za jako

izbijanje" može se ići do 3 amp za  $\text{dm}^2$  kod izbijanja, do 1,8 amp/ $\text{dm}^2$  kod nabijanja.

Gustoća odnosi se na površinu izračunenu iz dužine te širine ploče. To nije tačno. U istini je gustoća uvijek manja, jer površina ploče nije ravna.

Gustoća, koja se može upotrebiti je tim veća za pozitivne ploče, čim je tanja površina t.j. navlaka ploče sa aktivnim materijalom. Ploče, koje su formirane po Plante sistemu, mogu uzdržati najveće opterećenje.

Sa manjom gustoćom nabijati ili izbijati, kao maksimalnom, neravno je uvijek dozvoljeno. Za nabijanje uzme se obično maksimalnu jakost, da se što više skрати vrijeme nabijanja.

Najveće normalne jakosti struje za nabijanje i izbijanje su osim o gustoći, koju odredi konstrukcija, ovisne još samo o veličini površine. Može se prema tomu element, koji ima tri pozitivne ploče sa maksimalno 36 Amp izbiti, onda se može ako se ima 6 ovakih, ili 3 dvostruko tako velikih ploča, uzeti 70 Amp.

Umnoženjem broja ili povećanjem površine može se koju god jakost struje postići.

Najjača struja, za koju se je izradilo elemente je i nešto nad 5000 Ampera.

### 5./ Kapaciteta.

Vreme potrebno za nabijanje ili izbijanje sa maksimalnom strujom ovisno je o površini ploče. Ovo je vrijeme ovisno o moći sabiranja konstrukcije. Ova moć je djelomice ovisna o površini doticaja aktivne mase sa kiselinom. Sa povećanjem ove aktivne površine povećala se je također moć sabiranja kod iste veličine ploče.

Produkt iz maksimalne jakosti struje izbijanja te vremenu izbijanja zove se kapaciteta akumulatora. Jer se mjeri struja u amperima a vrijeme u satima, izražava se kapaciteta u ampersatima, n.pr. 3



sata 60 Amp. = 180 amp.satova. Taj iznos označuje množinu električnosti, koju se dobije od elementa.

Da se izračuna električno djelovanje mora se jakost struje multiplicirati sa napetošću stezaljka te vremenom. Mjera je ovdje Watt-sati. Ali jer napetost nije konstantna mora se ovdje uzeti srednju vrijednost, koja nije aritmetična sredina početne i konačne vrijednosti. Ovu srednju vrijednost dobi se, ako se razdijeli vreme izbijanja, odnosno nabijanja, u jednake dijelove, tako da se može proporcionalnu promjenu sa vremenom pretpostaviti, te iz srednjih vrijednosti ovih dijelova sredinu izračunati. Naravno je pretpostavljeno, da ostane jakost struje nepromjenjena.

Kapaciteta, koju daje akumulator kod izbijanja do normalne granice ovisna je još o vremenu izbijanja. Čim brže se izvrši izbijanje, ili čim je veća gustoća kod izbijanja, tim manji broj ampersati, dok je napetost pala za određene procenete ~ 6%. Tvornice uvijek označe koju kapacitetu ima element, ako se izbija sa različitim strujama.

Uzrok da kapaciteta pada sa rastućom strujom je taj, da se brže umanjuje sadržaj kiseline u rupicama / Poren / aktivne mase.

Takodjer o jakosti struje kod nabijanja je ovisna kapaciteta. Čim veća gustoća struje tim manja je množina električnosti, koju može element primiti do početka tvorbe plina. Hoće li se veliku množinu električnosti sakupiti mora se uzeti malenu jakost struje.

Sa sadržajem kiseline tekućine raste kapaciteta nešto, ali samo do određene granice. Isto tako je ovisna o temperaturi i to tako da raste sa temperaturom.

Ako se nabija sa normalnom strujom dok počne jaka tvorba plina, te onda umanjuje jakost struje na polovicu, jenja tvorba plina osobito na negativnoj ploči. Napetost pada. Nabijanje traje dalje dok opet počne jaka tvorba plina, nabili smo akumulator još za jednu određenu množinu električnosti, kojom množinom nebi mogli nabiti akumulator, ako bi bila ostala jakost struje ista.

A./ Rastumačenje događaja u akumulatoru.

Kemijski procesi na ploči, su sasvim slični procesu na Plante ploči. Ovdje ćemo posmatrati samo početno i konačno stanje posmatrati.

Teče kroz sumpornu kiselinu  $H_2SO_4$  električna struja, rastavi se kiselina u



vodik  $H_2$  imamo na katodi, ostatak  $SO_4$  na anodi. Ovaj ostatak pretvori se vodom opet u sumpornu kiselinu



tako da imamo na anodi konačno kisik O, te čitavi proces tako izgleda, kao da bi struja rastavila vodu.

Imamo na pozitivnoj ploči minij  $Pb_3O_4$  onda oksidira kisik O u statusu nascens minij, da nastane olovni superoksid  $PbO_2$



Imamo istodobno na negativnoj ploči olovni oksid, / olovni oksid, gledaje /  $PbO$ , ovo reducira vodik u spužvasto metalično olovo



Prema tome imamo na pozitivnoj ploči olovni superoksid  $PbO_2$ , na negativnoj spužvasto čisto olovo. Elektrolit je razrijeđena sumporna kiselina. Kod izbijanja akumulatora nastane na pozitivnoj ploči vodik koji reducira olovni superoksid u olovni oksid. Olovni oksid pretvori se u sumpornoj kiselini u olovni sulfat  $PbSO_4$ .

Prema tome izbijanje pozitivne ploče:



Na negativnoj ploči pretvori kisik, koji tamo nastane olovo u olovni oksid, odnosno u sumpornoj kiselini u  $PbSO_4$ .

Prema tome izbijanje negativne ploče:



Izbijanje negativne ploče piše se obzirom na 8 također



Ako se je površina obiju ploča pretvorila jednoliko u olovni sulfat  $PbSO_4$ , nemamo više potencijalne diference, izbijanje je dovršeno. Upustimo za nabijanje opet struju u akumulator onda se pretvori  $PbSO_4$  na pozitivnoj ploči u  $PbO_2$  na negativnoj u  $Pb$ . Proces je dakle:

Nabijanje pozitivne ploče:

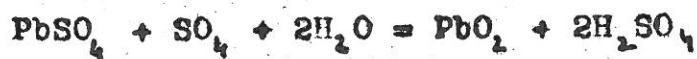


14.

negativne:



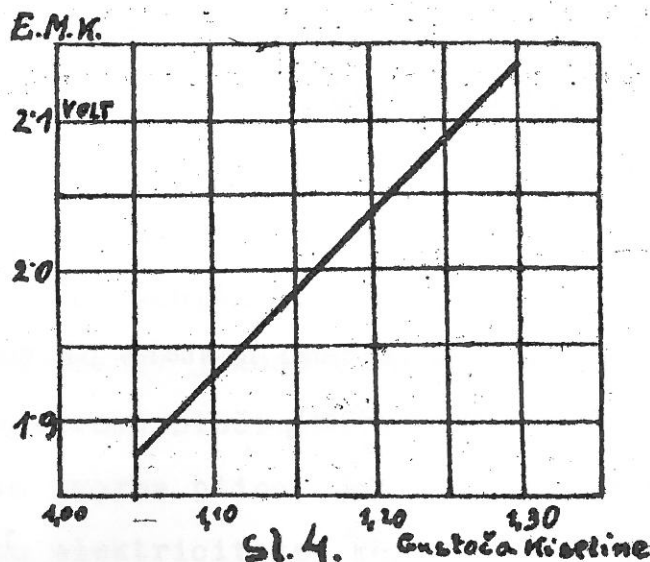
Proces pozitivne ploče piše se obzirom na 8 takodjer:



14a.

### 1./ Elektr. m. sila, unutarnji otpor, napetost na stezaljkama.

Elektromotorna sila akumulatora, koja iznaša za običnu sumpornu kiselinu skoro tačno 2 Volt, neovisna je od množine aktivne mase pojedinih elektroda, koja je kod nabijanja i izbijanja već pretvorena. Veoma je ovisna el. m. sila o sadržaju kiseline u vodi i to osobito u blizini elektrode. Sadržina se promjeni kod nabijanja i izbijanja bitno zbog kemičkih procesa, koje imamo na elektrodama. Velika razlika između el. m. sile kod nabijanja te izbijanja ima uzrok samo u velikoj razlici sadržine kiseline kod i u aktivnoj masi. Krivulja sl.



4. prikazuje približno ovisnost el. m. sile o sadržini kiseline.

Od temperature je el. m. sila neznatno ovisna. Porast iznaša za svaki stepen ugrijanja  $0,24 - 0,28 \cdot \frac{1}{1000}$  Volt / milivolt/

Nutarnji otpor raste kod izbijanja, kod nabijanja pada i to do jake tvorbe plina. Porast nutar-

njeg otpora kod izbijanja je u početku malen prema kraju izbijanja viši. Najveća promjena pada zajedno sa brzim opadanjem napetosti.

Konačna vrijednost može biti dvostruka i još veća od početne.

Kod nabijanja je opadanje otpora u početku najveće, onda oduzima. Tvorba plina ne prouzroči porast ovoga otpora. Oblik ploča te konstrukcija ploča nema velikog upliva na nutarnji otpor. Nutarnji otpor je za svaki  $\text{dm}^2$  jednostruke površine pozitivne ploče  $\sim 0,022 \Omega$  za nabit akumulator. Na kraju normalnog izbijanja sa gustoćom 1,1 Amp za  $1 \text{ dm}^2$  iznaša otpor  $\sim 0,04$ . Za  $2 \text{ dm}^2$  je otpor polovica, za  $10 \text{ dm}^2$  jedna desetina i t.d.

Jer je nutarnji otpor veći nego otpor tekućine, koja leži između ploča moramo imati nekakav prelazni otpor. Spužvasto olovo te olovni superoksid mnogo su bolji vodiči nego razrijeđena sumporna kiselina. Zbog toga mora se pretpostaviti, da imamo nešto inaktivnog sulfata  $\text{PbSO}_4$ , koja kvantiteta kod izbijanja raste, te koji ima za struju veliki otpor. Niženje nutarnjeg otpora prouzroči također promjena tekućine s obzirom na sadržaj/tekućine/ kiseline i to osobito u malenim rupicama / Poren /, gdje ulazi te izlazi struja u ploče. Promjene nutarnjeg otpora ima samo pozitivna ploča, kod negativne ploče ostane otpor skoro sasvim nepromjenjen.

Napetost stezaljaka ovisna je o elektr. m. sili, nutarnjem otporu, te jakosti struje. Promjene prouzroči osobito promjena el. m. sile, jer je opadanje zbog promjene nutarnjeg otpora, s obzirom na maleni otpor, uvijek veoma maleno. Promjena el. m. sile opet je ovisna te prouzročena od promjene sadržine kiseline u tekućini odn. koncentracije.

## 2./ Kapaciteta.

Kapaciteta zadanog akumulatora ovisna je o gustoći struje te koncentraciji tekućine. Množina aktivne substance, koja se nalazi na jedinici električno radine površine, ne igra onu ulogu, kako se je to prije mislilo.

Pozna se kod nabitog akumulatora množinu aktivnog materijala obiju elektroda, može se izračunati broj ampersata, koji je potreban da ovu

množinu totalno pretvori u olovni sulfat  $PbSO_4$ , to jest element sasvim izbije.

Ova teoretična kapaciteta uvijek je bitno veća nego praktična, tako da se iskoristi samo dio aktivne mase  $1/3 - 1/4$ .

Glavni uzrok je oduzimanje ili padanje koncentracije tekućine u neposrednoj blizini aktivnog materijala. U početku izbivanja troši se kod kemičkih procesa na obim elektrodama sumporna kiselina te tvori voda, tako da oduzima ovdje koncentracija. El. m. sila pada. Iz vanjskih bolje koncentriranih dijelova tekućine pritječe pomoću difuzije nova kiselina, i to tim brže, čim je veća razlika koncentracije pojedinih naslaga / Schichte / tekućine.

Za neko vrijeme došlo je do ravnotežja, tako da se transportira k aktivnoj masi ravno toliko kiseline koliko se potroši. Na taj način pretvore se ponajprije dijelovi aktivne mase, do kojih lako dolazi kiselina. Ali  $PbSO_4$  ima veći volumen nego  $PbO_2$  te  $Pb$ ; a priori male rupice postanu još manje, tako da je pritjecanje kiseline do unutarnjih dijelova aktivne mase veoma maleno. Koncentracija počinje najprije polagano a onda uvijek brže padati. Prema tome također el. m. sila. Ovo opadanje prouzroči padanje napetosti na stezaljkama.

Na isti način tumači se također padanje kapaciteta sa rastućom gustoćom struje. Čim veća gustoća tim veća količina kiseline koju troši aktivna masa, tim brže dolazi do pomanjkanja kiseline te padanja napetosti. Pravilnost toga tumačenja slijedi iz činjenice, da se može iz akumulatora, kojega se je izbilo do normalne granice dobiti još znatnu množinu elektricitete kod normalne napetosti, ako se ga pusti nekoliko sati odmoriti, jer kiselina ima vremena da dodje opet do malenih rupica.

Prema tome uzvisi svako sredstvo, koje unaprijedi pritjecanje kiseline do pojedinih dijelova aktivne mase, praktično upotrebljivu kapacitetu.

Čim veća poroziteta aktivne mase, tim veća kapaciteta. Čim je tanja naslaga aktivne mase, tim lakše dolazi u pojedine rupice kiselina,

tim veća kapaciteta. Isto tako raste i kapaciteta sa koncentracijom tekućine. Najveću kapacitetu daje cel. par. koncentracija od 31 - 36% koju se zbog drugih razloga ne upotrebljava. Već prije smo spomenuli da se sa vremenom tvori inaktivni olovni sulfat, koji umanjuje kapacitetu. To vrijedi osobito za akumulatore, koje se malo i slabo, t. j. sa malom strujom upotrebljava. Medjusobna udaljenost ploča ima taj uticaj da počne kapaciteta padati, ako se umanjuje udaljenost preko određene granice. Padanje je tim veće, čim je veća gustoća struje. Uzrok je taj, da u uskom međuprostoru koncentracija niže pada nego u širokom. Difuzija od odo prema gore veoma je malena, tako da množina tekućine ispod ploča za popravak ovih razmjera ne dolazi u obzir. Zbog toga mora se akumulatore, kod kojih je umanjenje udaljenosti ploča iz drugih razloga potrebno - željeznice etc. - uzeti tekućinu veće koncentracije.

Kapaciteta akumulatora raste sa temperaturom i to tim više čim je niža temperatura bila. Povećanje kapacitete pomoću ugrijavanja u praksi ne dolazi u obzir. Ali na to mora se gledati da nije temperatura u prostoru, gdje je baterija akumulatora, u zimi preniska, da ne padne kapaciteta ispod normalne vrijednosti, koja prema tome naravno vrijedi samo za određenu temperaturu. Ova temperatura je uvijek osobito označena.

### 3./ Kapaciteta pojedinih ploča te njezina promjena u prometu.

Do sada smo govorili samo o kapaciteti akumulatora. Ova je ovisna u prvoj vrsti o kapaciteti pozitivne i negativne ploče, o množini aktivnog materijala na jedinici površine, o radnoj površini olovnog nosioca, o debljini te poroziteti aktivne mase.

Od ovih veličina ovisna kapaciteta jednih ploča nije uvijek kod jednog te istog akumulatora ista. Svršetak izbivanja odredi ploča manje kapacitete.

El. m. sila sastoji se iz dviju pojedinih napetosti. Napetost pozitivne ploče napram tekućini, te napetost tekućine napram negativnoj

ploči. Ove jedinice napetosti promjene se za vrijeme izbijanja svaka za se u ovoj mjeri, u kojoj se iscrpa kapacitetu dotične ploče.

Jer je kod upotreba akumulatora napetost na stezaljkama mjerodavna, ugodno je odrediti napetost svake ploče za vrijeme izbijanja, to jest dok teče struja.

Ove pojedine napetosti ne može se direktno mjeriti, ipak je moguće odrediti promjenu. U tu svrhu uroni se u tekućinu izvan elektroda pomoćnu elektrodu, koja ne mijenja svoju napetost napram tekućini sa vremenom. Mjeri se za vrijeme izbijanja višeput napetost jedne elektrode n. pr. pozitivne napram pomoćnoj elektrodi, onda promjene ove napetosti neposredno promjene pojedinih napetosti pozitivne ploče prema tekućini, jer ostane napetost pomoćne elektrode napram tekućini nepromjenjena. Na isti način odredi se promjenu napetosti druge ploče.

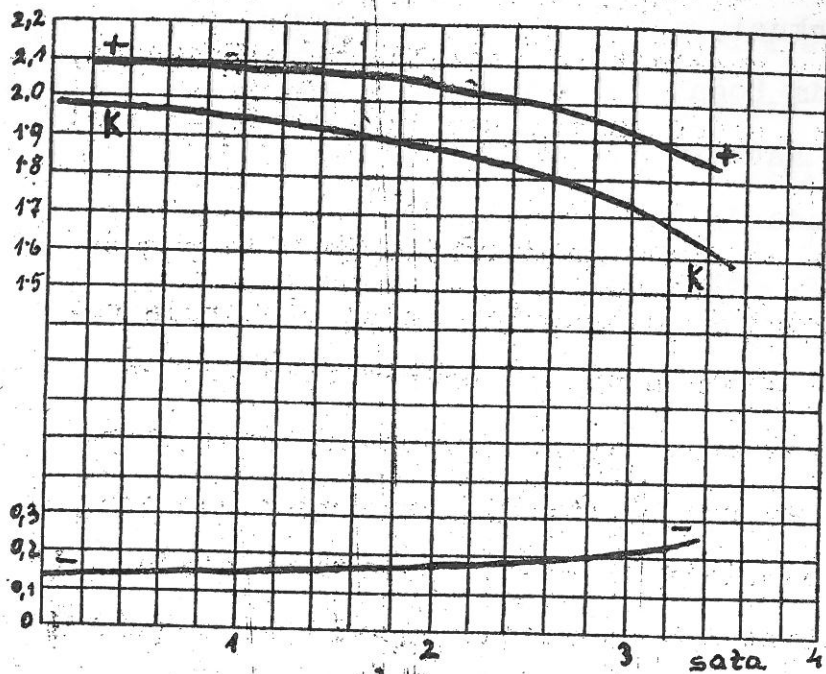
Za ovu pomoćnu elektrodu može se upotrebiti nabitu malenu pozitivnu ili negativnu elektrodu akumulatora, koju se u tekućinu tako umetne, da linije struje, koje prelaze između pozitivnih i negativnih ploča elementa, ne dolaze do ove pomoćne elektrode. Voltmeter mora imati veliki otpor / najmanje  $300 \Omega$  /.

Druga vrsta zgodnih pomoćnih elektroda je amalgamirani kadmium, kojega se može umetnuti još u pripravnu malenu poroznu posudu iz ilovače sa osobitom tekućinom / kadmium sulfat u razrijeđenoj sumpornoj kiselini/. Pomoćne elektrode iz kadmiuma je prema obima elektrodama akumulatora kod izbijanja elektropozitivna, djeluje dakle uvijek kao anoda.

Napetost prema pozitivnoj ploči je 2 Volt, prema negativnoj  $\frac{1}{10}$  Volt. Prema tome teče struja kroz voltmeter uvijek u istom smjeru, sve jedno da li se pomoćnu elektrodu spoji sa pozitivnom ili negativnom pločom akumulatora.

Za vrijeme izbijanja pada napetost, prema kadmium elektrodi, pozitivne ploče, napetost negativne prema ovoj pomoćnoj elektrodi raste.

Sl. 5. prikazuje ovakovo mjerenje.



sl. 5.

aktivna masa. Kapaciteta oduzima. Istodobno imamo kod dijelova iz olova formiranje po Plante-u, tako da nam ovo formiranje djelomice nadomjesti oduzimanje zbog ispadanja. Ali jer se kod toga formiranja polagano jezgra pretvori, raspadne konačno čitava ploča.

Ispod pozitivnih ploča vidi se kod akumulatora, koji su više vremena u pogonu, manju ili veću kvantitetu ispalog superoksida. Više puta ostane u pločama nešto od kemičkih substanta, koje se je upotrebilo za brzu formaciju " Schnellformierung", o kojoj ćemo kasnije još govoriti. Ove substance su klor, salitrena kiselina i t.d., koje mogu razoriti olovno ostolje ploče u veoma kratkom vremenu / nekoliko mjeseca/.

Iskustvo je pokazalo, da raspadnu pozitivne ploče također kod malo upotrebljenih akumulatora u toku nekoliko godina i to zbog formacije olovnog ostolja. Uzrok tomu moglo bi biti lokalno djelovanje polagano napredujuće oksidacije, za koju nije potrebna vanjska struja, jer ima malene struje izjednačenja između dijelova, koji nisu jednaki. I takvih imamo uvijek, jer na pr. koncentracija tekućine ozdo nije ista kao u sredini i t. d.

Također kapaciteta negativne ploče promjeni se u pogonu, ona oduzima stalno. Oduzimanje je tim veće, čim više se upotrebi akumulator

++ je krivulja napetosti pozitivne ploče prame pomoćnoj kadmium elektrodi, -- krivulja negativne ploče.

Neposredno mjerena napetost elektroda akumulatora označena je sa KK.

Kapaciteta obiju vrsta elektroda akumulatora promjenjuje se sa vremenom.

Kod pozitivnih Masse-ploča ispadne sa vremenom uložena



te čini bolje intenzivno ovo upotrebljenje. Prema tome izgleda da bi bila proporcionalna množini elektriciteta, koja je odložila ploču. Aktivna masa se skupi, zgrči, tako da nastane tina između mase i ostolja. Osim toga postane aktivna masa koju može dok je dobra među prstima satrati, tvrda, da nema više ke od metaličnog olova. Uzrok padanja kapacitete je prema tome polagano izgubljenje poroziteta mase. Jer kapaciteta pozitivnih ploča ne oduzima u istom vremenu kao negativna, prepriječi se padanje negativne kapacitete prema pozitivnoj tako da se uzme negativne ploče, koje imaju mnogo veću na pr. dvostruku kapacitetu pozitivnih. Ako je u pogonu kapaciteta negativne ploče toliko pala, da postane manja od pozitivne, mora se ploču promjeniti, jer tu nema druge pomoći.

Da ostane masa na negativnoj ploči što je moguće dugo vremena dostatno porozna doda se aktivnoj masi čadja / Russ /, grafit, organski ulje, plovac kamen / Bimsstein / i t.d.

Iz toga slijedi:

Ploče akumulatora podvrgnute su naravnom oštećivanju. Pozitivna raspadne sa vremenom, ali pridrži skoro do kraja svoju kapacitetu, negativne ostanu u čvrstoći te obliku skoro nepromjenjene, ali kapaciteta pada u istoj mjeri, kako se ih upotrebljava. Pastirane pozitivne ploče oduzimaju nešto u svojoj kapaciteti, jer sa vremenom ispadne aktivna masa.

#### 4./ Brzo formiranje pozitivnih ploča.

Za baterije sa jakim opterećenjem n.pr. za rasvjetu, električne strojeve, te kod tako zvanih elastičnih baterija / Pufferbatterie / upotrebi se kao pozitivnu ploču, ploče sa velikom površinom / Grossoberflächenplatte /. Ove ploče se ne pastira. Aktivna masa nastane pomoću formiranja, kako je to izumio Plante. Ali da ne treba za formiranje toliko vremena, ~~potrebice~~ brzo formiranje, kojom se u kratko vrijeme dobije već dostatnu aktivnu masu.

Ovo formiranje bazira na tome, da imaju različne substance svojstvo  
Akumulatori. M. Plohl. Svez. I.



olovo pomoću struje brzo oksidirati. Uroni se olovne ploče u ovakove substance, tekućine, dobi se već u kratko vrijeme olovne tvari kojih sastav je ovisan o tekućini, koju smo kod ovih procesa upotrebili. Ova tvar ima svojstvo - ako se ne sastoji već iz olovnog superoksida da se ili kod procesa ili po-formaciji u razrijeđenoj sumpornoj kiselini, pretvori u olovni superoksid. Kod pravilno odabраних prilika ovako je formirana ploča iste vrijednosti kao po sistemu Plante formirana.

Za brzo formiranje eksistiraju različne sposobne tekućine. Skoro svaka tvornica akumulatora ima vlastito formiranje, koje čuva kao tajno sredstvo. Najbolje poznato sredstvo je salitrena kiselina. Dalje razrijeđena sumporna kiselina sa soljom salitrene kiseline n. pr. natrium - ili kalium nitratom. Osim ovih može se još upotrebiti "nad kloru kiselinu / Überchlorsäure /" sa natrium perchloratom /  $\text{NaClO}_4$  / koju se doda sumpornoj kiselini. Ocatova kiselina te druge organične kiseline, odnosno njihove soli također su sposobna sredstva.

Kod jedne vrste formiranja može se ploče odmah po formiranju upotrebiti, kod druge vrste je potrebna po-formacija / Nachformierung / u razrijeđenoj sumpornoj kiselini, da se pretvori proizvedenu tvar u olovni superoksid. Na svaki način mora se veoma brižno isprati ploče, da se odstrani sve ostatke upotrebљene tekućine.

Za ovu formaciju potrebna množina elektricitete leži između četvero do dvadeseterostruke množine, koja odgovara korisnoj kapaciteti ploča.

Konačno je kvaliteta olovnog superoksida mjerodavna. Ova tvar mora biti gusta te kristalinična, osim toga mora se još dobro držati na podlozi. Na nikakav način ne smije biti tvar prašnjata, amorfna.

5./ Stepen djelovanja.

Jer je srednja napetost stezaljaka veća kod nabijanja nego kod izbijanja, mora već iz toga razloga električno djelovanje, mjereno u vat-satima, kod nabijanja biti veće nego kod izbijanja. Osim toga ne dobije se kod izbijanja istu množinu elektricitete, mjerenu u ampersatima, koju se je upotrebilo za nabijanje. Razmjer množine elektricitete kod izbijanja, napram množini kod nabijanja, zove se stepen savršenosti. Razmjer djelovanja, mjereno u vat-satima, koje se dobi kod izbijanja napram utrošenom djelovanju kod nabijanja, zove se stepen djelovanja- korisni efekt - akumulatora, komercijalni stepen.

Praktično najvažniji je stepen djelovanja, kojega se može postići u praktičnom pogonu a ne u laboratoriju. Praktični stepen je bitno manji nego stepen, kojega se izmjeri u laboratoriju, jer su uvjeti praktičnog pogona sasvim drugačiji. Nabijanje te izbijanje se u praksi ne može svršiti sa takvom pozornošću kao u laboratoriju, elemente se izbije većinom samo djelomice, neuredni odmori, promjena tekućine, nemarno postupanje i t.d. sve to upliva na stepen.

Brižljivi pokusi u laboratoriju daju približno slijedeće vrijednosti za akumulatore, kojih pozitivnu ploču tvore ploče velike površine / Grossoberflächenplatte /, negativne pastirane ploče sa rešetkom / Gitterplatte /.

Trajanje izbijanja	3	5	7 sati
Gustoća struje kod izbijanja za 1 dcm	1,3 - 1,0	0,9 - 0,7	0,65 - 0,5
Stepen savršenosti / razmjer u ampersatima /	91 - 94%	92 - 95%	93 - 96%
Stepen djelovanja / razmjeru vatsatima /	77 - 81%	78 - 82%	80 - 84%

Pretpostavljeno je nabijanje sa normalnom dozvoljenom najjačom strujom / 1,0 - 1,3 Amp/dcm /, od momenta moćne tvorbe plina reducirane na polovicu. Vrijeme nabijanja iznaša onda, ako se predpostavi izbijanje u tri sata, 4 do 4½ sata. Dalje je pretpostavljeno izbijanje sa

konstantnom jakošću struje odmah po nabijanju. Napetost na kraju nabijanja 2,7 Volta, po izbijanju 1,8 Volta, tekućina 1,17 - 1,19 spec. težine, temperatura u sredini 15°C.

Prema tome imamo: Električno djelovanje akumulatora odredi se sa produktom iz amper-sata puta srednja napetost izbijanja. Djelovanje mjeri se u vat-satima. Srednja napetost izbijanja uzme se za praktične svrhe sa dostatnom tačnošću iz aritmetične sredine početne i konačne napetosti. Početna mjerenja nekoliko minuta po početku. Za tačne proračune mora se srednju napetost izračunati, kako smo već spomenuli. Srednja napetost nabijanja je 2,2 - 2,3 Volt, izbijanja 1,9 - 1,92 Volt. Djelovanje akumulatora, koji daje konstantno 100 Amp. za vreme od 5 sati

$$100 \cdot 5 \cdot 1,9 = 950 \text{ Watt- sati.}$$

Upotrebi li se za nabijanje istoga elementa 7 sati, konstantna struja nabijanja 80 Amp., onda je bilo potrebno djelovanje

$$80 \cdot 7 \cdot 2,2 = 1232 \text{ vs}$$

Stepen savršenosti. Kod nabijanja akumulatora izgubi se dio struje koja se potroš~~ila~~ za Jaulovu toplinu te sekundarne kemijske procese, tako da je broj ampersati za nabijanje veći nego primljeni broj kod izbijanja. Razmjer zove se stepen savršenosti. Nabije se na pr. akumulator 5 sati sa jakošću 200 AMP. to je 1000 ampersati, te dobi 4 sata konstantno 240 Amp. to je 960 ampr. sati, onda je stepen savršenosti, s obzirom na množinu elektricitete:

$$\frac{960}{1000} = 0,96.$$

Stepen djelovanja je ovisan o napetosti na stezljikama. Jer je kod nabijanja veća nego kod izbijanja, stepen djelovanja je manje ugodan nego stepen savršenosti - 0,75 - 0,85. -

Upotrebimo vrijednosti zadnjeg primjera onda dobijemo, ako je bila srednja napetost nabijanja 2,2 Volt, izbijanja 1,9 Volt.

Stepen djelovanja s obzirom na električnu energiju, to je vat-sati

$$\frac{960}{1000} \cdot \frac{1,9}{2,2} = 0,83.$$

Izbije li se akumulator u kraćem vremenu nego tri sata, vrijednosti su nešto niže nego u tabeli navedene. Kako smo već to spomenuli uzrok je tomu padanje sadržaja kiseline u neposrednoj blizini ploče.

Izbije li se sa veoma niskom jakošću struje onda se dobije ugodnije rezultate nego u tabeli navedene.

Iz toga vidimo da su primljeni rezultati ovisni o različitim prilikama. Zbog toga mora se ravnati kod ovakvih pokusa, osobito ako se ima preuzeti baterije po propisima združenih elektrotehničara.

Po iskustvu može se kod proračuna troškova uzeti maksimalno stepen djelovanja s obzirom na električno djelovanje od 75%.

Ako se vrši izbijanje sa velikom jakošću struje uzme se 70%.

Razmjer množine elektricitete je za praktične svrhe približno 90%

Primjer za rastumačenje izračunavanja razmjera elektricitete množine, te stepena djelovanja.

Jakost struje izbijanja 32,0 Amp.

Gustoća 1,26 Amp/dm

Napetost 6 min. po početku 1,982 Volt, konačna vrijednost 1,782 V.

Vreme pokusa 3 sata 47 min.

Kod izbijanja dobili smo prema tome

$$3,784.32,0 = 121,1 \text{ amp. sati}$$

Nabijanje, koje je pokusu odmah slijedilo izvršili smo najprije sa 32 Amp. Napetost nekoliko minuta po početku 2,194 Volt. Poslije 3 sata 18 min moćna tvorba plina, napetost 2,624 Volta. Jakost struje reducirali smo u tom momentu na polovicu, napetost je pala na 2,31 Volt. Za vrijeme od 1 sat 24 min narasla je napetost na 2,724 Volta, nabijanje bilo je svršeno. Prema tome upotrebljeni amp.sati za nabijanje

$$3,3.32 + 1,4.16 = 128,0 \text{ amp.sati.}$$

Razmjer množina elektricitete / stepen savršenosti /

$$121,1 : 128,0 = 0,947 \text{ ili } 94,7\%$$

Za izračunavanje stepena djelovanja s obzirom na el. djelovanje moramo znati srednju vrijednost napetosti stezaljaka za vrijeme nabi-

janja i izbijanja. Ako ih izračunamo na prije opisani način, dobijemo:

Srednja napetost za vrijeme izbijanja 1,925 Volta

" " " " nabijanja 2,357 "

Primljeni vat-sati kod izbijanja:

$1,925 \cdot 121,1 = 233,1$  vatsati

Utrošeni vat-sati kod nabijanja

$2,357 \cdot 128,0 = 301,7$  vat-sati

Stepen djelovanja

$233,1 : 301,7 = 0,773$  ili 77,3%

Temperatura: srednja vrijednost 16,8 kod izbijanja, 17,6 kod nabijanja.

Gustoća kiseline na svršetku izbijanja 1,167, nabijanja 1,191 /15°C/

#### 6./ Akumulatori za različno trajanje izbijanja.

Kako smo to već prije spomenuli, dobićemo veću množinu elektricitete / veću kapacitetu / te ugodniji stepen djelovanja, ako se izbijanja sa manjom strujom kao maksimalnom. To ima za posljedicu da su za isto električno djelovanje veći elementi potrebni nego kod jačeg opterećenja ploče. Veći akumulatori, to je isto što i veći troškovi za nabavljanje.

U množini slučajeva upotrebe akumulatora u čistom paralelnom spoju sa generatorom najveća je gustoća struje tako određena, da bi izbijanje trajalo 3 sata. Ali to se obično ne slaže. Pogon je uvijek takav, da se ~~svrši~~ veći dio izbijanja sa manjom strujom. Izbijanje traje obično 4 - 5 sati.

Dalje su više puta prilike takove, da se jakost struje za vrijeme pogona ne promjeni, ali vrijeme izbijanja iznaša 7 - 10 sati, tako da se ima ovdje veće elemente nego kod normalnog izbijanja u vrijeme od 3 sata.

Konačno imamo pogone, gdje se izbije baterija u kratkom vremenu.

To je na pr. slučaj kod rasporeda, koji rade dan i noć, t.j. 24 sata sa odmorom od 1 sata. Za ovo vrijeme mora baterija nadomjestiti generatore. U ovom slučaju se iskoristi akumulator samo onda, ako se ga u 1 sat sasvim izbije. Više puta je također baterija potrebna, koja lako prenaša jako rastenje struje za nabijanje i izbijanje n.pr. kod elastičnih baterija / Pufferbatterie / za pogon električnih željeznica te drugih rasporeda električne energije za radnju, kod kojih se baterije priključi poredno k generatoru, tako da primaju ove baterije jake promjene struje. Na taj način se štedi stroj, iskorišćenje je bolje ekonomično-

Za ove svrhe ima se osobite akumulatore za jako izbijanje. Ove se može od 3 - 1 sat sasvim izbiti, te u dobi od 2 sata nabiti.

Gustoća struje s obzirom na površinu / visina . širina / iznaša kod izbijanja u 1 satu približno  $2,7 - 3,1 \text{ Amp/dcm}^2$ , kod nabijanja u dobi od 2 sata približno  $1,8 \text{ Amp/dcm}^2$ .

Ploče za tako jako opterećenje moraju imati što je moguće veću elektrolitičnu radinu površinu. Za pozitivnu ploču uzme se uvijek ploče sa osobito velikom površinom t. j. ploče, kojih jezgra od olova je sasvim napunjena sa utorima, zarezima, izdubinama, luknjama, okukama i t. d., formirane po sistemu Plante / brzo formiranje/.

Uspjelo je na taj način razmjer elektrolitično radine površine, to je površina, koja je u doticaju sa tekućinom napram površini, koju daje produkt visina puta širina / jednostavna ili projicirana površina / napraviti veoma velik. Razmjer 9:1 je obična vrijednost, postiglo se je također 14:1 ali ove ploče nemaju potrebni vijek / Lebensdauer /.

Kapacitetu ne može se povećanjem radine površine povećati do koje god vrijednosti. Od razmjera 8:1 počne kapaciteta oduzimati.

Kod negativnih ploča - obično pastirane ploče sa rešetkom - nije potrebno radinu površinu u istoj mjeri povećati, jer je bolja poroziteta spužvastog olova, dosta bolje ugodna. Kod ovih ploča je dostatan razmjer 2:1 do 3:1.

### 7./ Kapaciteta za jedinicu površine ploče.

Mjera sposobnosti za rad jedne ploče je kod stacionarnih baterija kapaciteta za jedinicu površine, n. pr. za 1  $\text{dm}^2$ . Kod baterija, koje se mora prenašati, odnosi se djelovanje obično na jedinicu težine.

Kapaciteta, koju se može postići za jedinicu površine ovisna je o elektrolitičnoj radnoj površini, koja odgovara jedinici projicirane površine, o debljini i poroziteti mase naslage / Masseschicht /, te o gustoći struje. Dalje upliva gustoća kiseline, koncentracija, množina kiseline, koja odgovara jedinici površine, te temperatura.

Za isporodjivanje / Vergleichung / sposobnosti za rad različnih ploča mora se uzeti kapacitetu kod istih razmjera tekućine, iste gustoće struje / ne jakosti struje / te iste temperature za jedinicu površine.

Slijedeća tabela daje nam kapacitetu za obična vremena izbijanja.

Nevedene su također granice gustoće struje. / isbijanje: /

Vrijeme izbijanja	Gustoća struje Amp/ $\text{dm}^2$	Kapaciteta Amp/s/ $\text{dm}^2$
1	2,7 - 3,1	2,5 - 3,1
2	1,7 - 1,9	3,4 - 3,7
3	1,3 - 1,5	4,0 - 4,5
5	0,8 - 1,0	3,5 - 5,0
7	0,6 - 0,75	4,0 - 5,5
10	0,47 - 0,6	4,5 - 6,0

Ovi brojevi vrijede za stalne akumulatore sa pozitivnim pločama velike površine, te označe vrijednosti, za koje obično tvornice jamče.

Faktične vrijednosti su veće, osobito ako su ploče još nove.

Kod pokusa u laboratoriju nadje se do 15% veće vrijednosti.

### 8./ Snošaj akumulatora u stanju upotrebe.

Do sada smo pretpostavili da se izbije akumulator odmah po nabijanju to jest u dobi od 24 sata. Pusti li se akumulator dulje vrijeme



bez upotrebe, onda se izgubi dio naboja / Ladung / a to radi kemičkih procesa između aktivne mase ploča te između ove i tekućine / lokalni procesi, Lokalaktion /. Izgubljeni dio postane sa vremenom uvijek veći. Isto tako se umanjuje srednja napetost stezaljka tim više, čim je veći odmor između nabijanja i izbijanja.

U ostalom ne odšteti akumulator mirno stajanje od nekoliko dana. Nasuprot mora se izbjeći akumulatora što je moguće prije opet nabiti. Pusti li se akumulator izbiti onda nastane na površini obilno inaktivnog olovnog sulfata, pozitivne ploče dobiju više svijetlu boju, na obim pločama nastanu malo po malo bijela mjesta, aktivna masa postane tvrda / sulfatni akumulatori /.

Kapaciteta akumulatora se bitno umanjuje, jer se kod nabijanja ne pretvori čitavi olovni sulfat u olovni superoksid odnosno spužvasto olovo. Veliki dio ostane nepromijenjen. Također unutarnji otpor raste prema tome oduzima napetost na stezaljkama. Ako se u daljnjem pogonu uvijek samo do normalne granice nabija, onda se mora mnogo puta nabiti, te izbiti da se postigne opet normalnu kapacitetu.

Zbog toga mora se izbjegavati dulje stajanje nabitih akumulatora. Ali također ako su plče djelomice izbite počinju se po duljem stajanju pokazivati navedene nepravilnosti. Iz toga razloga mora se bateriju prije nego ju se pusti u miru uvijek nabiti. Traje li odmor više nedjelja, mora se nedjeljom / wöchentlich / do normalne granice nabiti.

Navesti ću još, da također baterije, koje se trajno izbijaju sa manjom gustoćom struje, te skoro dnevno nabija malo po malo kapacitetu zbog inaktivnog olovnog sulfata izgube. Ovdje igra veliku ulogu koncentracija, jer je tvorba sulfata tim veća, čim je veća koncentracija.

Iz toga razloga bilo bi ugodno raditi sa malenom koncentracijom n. pr. 1,114 ili 15 Beume. Ali s obzirom na što moguće veće djelovanje mora se uzeti bitno veću koncentraciju.

### 9./ Prenabijanje, preizbijanje.

Bateriju, kod koje se je zbog nepravilnog postupanja stvorilo toliko inaktivnog plovnog sulfata, da je kapaciteta trajno umanjena, može se popraviti, ako se ju nekoliko puta prenabije, to je nabijanje, koje se daleko preko normalne granice nastavi.

Olovni sulfat se onda postepeno rastavi te opet pretvori u olovni superoksid odnosno spužvasto olovo. Uzrok tomu je energičan upliv vodika i kisika u statusu nascendi na olovni sulfat.

Iskustvo je poučilo da se postigne isti rezultat, ako se nabija do pune tvorbe plina, onda približno 1 sat čeka, opet nabija do iste takve tvorbe plina, 1 sat čeka i t. d.

Dugotrajno prenabijanje odšteti bezuvjetno ploče, zbog toga treba mu izbjegavati. Moćna tvorba plina rasklima zglobov / Gefüge / aktivne substance pozitivne ploče, tako da otpadnu dijelovi.

To se može upoznati na tekućini, koja dobije po dugotrajnom nabijanju tamniju boju. Otpadanje aktivne mase umanja naravno kapacitetu ploče.

Takodjer na negativnoj ploči ispadnu dijelovi.

Preizbijanje nastane samo kod manjkanja dostatne pozornosti. Mnogo elektricite koju se dobi po padanju napetosti za 8% od početne vrijednosti nema praktične vrijednosti, jer pada napetost uvijek brže. Osim toga je već samo jedno jeddino preizbijanje škodljivo za ploče, jer podupire veoma tvorbu inaktivnog sulfata. Po preizbijanju je uvijek ugodno sledeće prenabijanje te kratka nabijanja sa odmorima, kako smo to prije rastumačili.

U praksi se dogodi da se bateriju izbiže sa jačom strujom, nego to odgovara maksimalnoj vrijednosti. Dobro solidno konstruiranoj ploči ne škodi ovakovo preopterećenje, ako se to ne dogodi previše puta.

### 10. / Vijek ploča / Lebensdauer /.

Iskustvo pokazuje: Pozitivne ploče sa moćnom jezgrom izdrže dulje vrijeme nego ploče sa tankom jezgrom. Punjenje sa aktivnom masom mora se na ispadanju priječiti. Kod ploča sa velikom površinom ispadnu rijetko veći dijelovi mase, jer je debljina Plante naslage malena.

Ugodno je ako su pozitivne ploče obješene, jer se onda prepriječi u koliko je to moguće da se ploče skrivaju. Skrivljanje ima uzrok u tome da se kod nastajanja olovnog superoksida volumen nešto poveća.

Ako su ploče pričvršćene tako da se ne mogu rastegnuti na sve strane, onda može doći do skrivljanja. obješene ploče mogu se bolje prosto rastegnuti.

Najveći upliv na vijek ploče ima postupanje sa pločom. Često izbijanje sa prejakom strujom, preizbijanje, prenabijanje, rijetko nabijanje, često djelomično nabijanje, neupotreba akumulatora u izbitom stanju i t.d. kao također premalo tekućine uništi akumulatore najbolje i najranije.

Trajanje negativnih ploča čini biti neograničeno, ali kapaciteta oduzima kako smo to već prije rastumačili, jer oduzima poroziteta spužvastog olova. Trajanje upotreba je prema tome neograničeno.

Kod baterija, koje se redovito i obilno upotrebi mora se svaku 2. ili 3. godinu promjeniti negativne ploče, jer je pala njihova kapaciteta ispod kapacitete pozitivnih. Pretpostavljeno je kod toga brižljivo postupanje sa pločama.

Negativne ploče, kod kojih se aktivna masa radi sposobnih dodataka ne može zgrčiti / schrumpfen / može se i više godina upotrebiti, jer ne oduzima kapaciteta tih ploča tako brzo.

Pozitivne ploče izdrže također kod normalnog pogona samo nekoliko godina, to je dok se ne pretvori jezgra iz olova u aktivnu masu, ploča izgubi mehaničnu čvrstoću te raspadne, osim toga izgubi električnu vodljivost. Donja granica vijeka ploče sa velikom površinom dobre konstrukcije i dostatno jakom jezgrom je 6 - 8 godina, dobro postupa

nje pretpostavljeno. Često se počnu ploče pred raspadanjem kriviti. Pastirane pozitivne ploče mogu već prije radi ispadanja aktivne mase izgubiti toliko kapacitete, da se ih mora promjeniti. Uopće postanu popravci potrebni već u prvim godinama pogona.

Tvornice jamče obično jednu do dvije godine za kapacitetu ploča. Preporučljivo je sa tvornicom napraviti ugovor / godišnje se plaća približno 8 % cijene baterije /, po kojem mora tvornica na vlastite troškove katkada bateriju ispitati, popraviti, tako da preda bateriju nakon nekoliko godina n.pr. 10 u istom stanju upotrebe kako je to bilo kod početka.

### 11./ Upotreba akumulatora, korist i zla strana.

Upotreba akumulatora će biti osobito u slijedećim slučajevima korisna:

Baterija preuzme dopunu na nekoliko sati nejednoliko razdijeljene potrebe struje za rasvjetu, za koje satove bi strojevi radi veoma malenog opterećenja radili sasvim neekonomično. Po dovršenom nabijanju, koje se preloži uvijek za vrijeme najmanjeg opterećenja strojeva, može se svako vrijeme strojeve ustaviti, ako je za mrežu potrebna struja pala ispod određene vrijednosti. Za ovo vrijeme hrani samo baterija mrežu. Strojeve se može onda odabrati nešto manje, tako da se ih potpuno iskoristi. Nejednakosti, njihanje napetosti i t.d. izjednači baterija, osobito ako moraju strojevi hraniti također mrežu električne željeznice / elastična baterija, Pufferbatterie /.

Kod porédnog priključka baterije u pogonu za rasvjetu napravi se razdiobu tako, da daje baterija uvijek struju u mrežu, jer bi promjena od nabijanja do izbijanja imale njihanje napetosti u mreži za poslijedicu zbog potrebne veće napetosti kod nabijanja.

Baterija dostatne veličine dozvoljeva potpuno iskorišćenje centrale, jer se za vrijeme manje potrebe energije u mreži bateriju nabija, za vrijeme veće potrebe izbija.

Dalje je dobit baterija sigurnost u pogonu, tako da se ima i tada za rasvjetu dostatnu energiju u mreži, ako bi se moralo iz kojeg god razloga ustaviti strojeve.

Konačno je baterija ugodno sredstvo za prenos električne energije.

Prema tomu su dobiti baterije:

Racionalno iskorišćenje odnosno umanjenje strojeva.

Mogućnost za svako vrijeme, i to neovisno o strojevima, dati mreži energiju.

Sigurna rezerva u pogonu za svaki slučaj.

Mogućnost jednostavnoga raširenja rasporeda bez povećanja broja strojeva.

Zle strane su:

Primjerno veliki gubitci energije kod pretvorbe kemičkih procesa.

Komplicirani pogon, kojega prouzroči razlika napetosti za nabijanje i izbijanje.

Velika težina baterije, osobito za transport, veliki troškovi kod nabavljanja, skupo držanje u redu, / vidi ugovor sa tvornicom /, koje je obično preuzme tvornica za 5 - 8 % cijene baterije / godišnje plaćati /.

#### Odredjene broja i veličine elemenata baterije.

Električni rasporedi za rasvjetu ovisnu su od zadanih napetosti, obično 65, 110, 120 ili 220. Istu napetost mora imati također i baterija.

Jer je najniža napetost elemenata kod izbijanja 1,8 Volt mora se za proračun uzeti ovu vrijednost napetosti, tako da je n. pr. broj elemenata, koji se mora spojiti u seriju za 65 Volt

$$\frac{65}{1,8} = 36 \text{ elemenata}$$

U početku izbijanja novo nabitog elementa napetost je 1,95, tako da imamo u početku nešto previsoku napetost od

$$36 \cdot 1,95 = 70 \text{ Volta}$$

Da se snizi napetost na 65 Volta iskonča se nekoliko elemenata.

Da se napetost strojeva te priprave kasnije čemo upoznati.

Kod nabijanja baterije raste postepeno napetost svakog elementa normalno do 2,5 Volt, kod eventualno potrebnog prénabijanja do 2,75 Volta. Zbog toga je potrebno da raste napetost struje nabijanja u istom razmjeru.

Napetost na kraju nabijanja mora prema tome biti po najmanje

$$36 \cdot 2,5 = 90 \text{ Volta}$$

odnosno

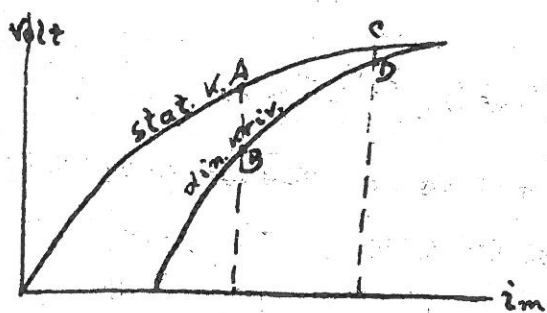
$$36 \cdot 2,75 = 100 \text{ Volta}$$

Ovo uzvisivanje napetosti postigne se pomoću stroja, kojega napetost se daje putem regulacije porednoga otpora uzvisiti.

Zla strana ovih strojeva je, da ih se mora konstruisati za približno 1,5 puta normalno djelovanje.

Ne samo da je ovi stroj mnogo skuplji, on radi takodjer najveći dio vremena podopterećen, to jest sa manjim stepenom.

Osim toga mora se uvažiti da pada dinamična karakteristika napram statičnoj od neopterećenog tereta do punoga tereta tim više, čim je manja zasićenost željeza.



U slici pada dinamična karakteristika u točki A za dužinu AB, u točki C samo za dužinu CD.

Poredni generatori, koji ne služe za nabijanje akumulatora rade obično približno u točki C. Naravno da se bitno uzvisivanje napetosti ne može više postići.

Da se omogući potrebno uzvišenje napetosti za nabijanje akumulatora do 50 %, mora se stroj tako konstruirati da radi na pr. u točki A.

Raste struja pada napetost, neprestana regulacija je potrebna.

Drugi način povišenja napetosti, to je pomoću dodatnog stroja, što ćemo kasnije spomenuti.

Sledeća tabela sadržava vrijednosti, koje nas kod određena baterije zanimaju.

Napetost u mreži	Broj u seriji skopčanih elemenata	Potrebno uzvisivanje za nabijanje
65	36	od 65 do 100 Volt
110	60	" 110 " 165 "
120	66	" 120 " 180 "
220	120	" 220 " 330 "

Mora se izjednačiti otpadanje u mreži, onda se mora broj elemenata uzvisiti za jedan do tri komada.

Zadnji stupac tabele sadržava napetost stroja za maksimalnu vrijednost 2,75 Volta za svaki element.

Odredjene veličine baterije s obzirom na kapacitetu i jakost struje mora se u svakom slučaju osobito napraviti, jer su ovdje uvjeti mjero-odavni, koji su skoro za svaki raspored drukčiji.

Osobito slijedeće točke dolaze ovdje u obzir:

1./ Veličina konzuma, vrijeme i trajanje izbijanja za dan najvećeg opterećenja. / Obzirom na rasvjetu vjerojatno mjesec decembar /.

2./ Jakost struje za nabijanje i vrijeme raspoloživo za nabijanje akumulatora.

3./ Mora se ustanoviti da li služi baterija samo za regulaciju rasvjete, da izjednači malene promjene u vrijeme pogona stroja, ili treba da dobavlja baterija za vrijeme pogona stroja i za vrijeme mirovanja, određenu jakost u mrežu.

Ovo ćemo rastumačiti sa nekoliko primjera:

Najčešće se dogodi, da se bateriju nabija kod što moguće velikog tereta pred početkom radnje na mrežu, onda ukopča poredno k stroju u mrežu tako da podupire djelovanje stroja. Konačno stoji nam baterija sa ostatkom naboja za vrijeme mirovanja stroja na raspoloženju.

Sledeća tabela sadržava potrebu struje za maleni električni raspored, koji dobavlja struju za rasvjetu i motore.

Maksimalnu jakost struje imaćemo prije podne, onda padne na 40 - 120 Amp. Baterija neka služi osobito za rasvjetu na večer, po obustavljenju pogona stroja, te ujutro za podupiranje stroja.

Jakost struje izbijanja odaberemo najprije =  $1/3$  jakosti čitave struje / 240 Amp / to je  $\sim 80$  Amp /  $1/3$  to je obična jakost u praksi za malene rasporede i obične prilike./

Stroj mora prema tome dobavljati  $280 - 80 = 200$  Amp.

Jer imamo za vrijeme od 9 -1 te 4-6 potrebu stroja samo maksimalno 120 Amp, radi bi stroj čitavo ovo vrijeme nepotpuno opterećen, to je st sa manjim stepenom djelovanja.

Zbog toga je bolje ugodno odabrati dva stroja, jedan za 120 Amp za obični pogon, drugi od 80 Amp za podupiranje glavnoga pogona od 7 - 9 prije podne.

Ova razdioba je takodjer zbog toga ugodna jer se može po potrebi - popravak jednog stroja i t.d. - držati promet sa jednim strojem te baterijom.

Baterija dobavlja prema tome od 6 poslije podne približno 5 sati u prosjeku 50 Amp, to je 250 Amp.sati, onda ujutro 2 sata 80 amp, to je 160 ampsati za podupiranje strojeva. Mora se dakle imati po najmanje kapacitetu od

$$250 + 160 = 410 \text{ ampsati.}$$

S obzirom na malenu rezervu odaberemo bateriju nešto veću, to je 500 ampsati kapaciteta, 100 Amp maksimalna jakost izbijanja, vrijeme izbijanja 5 sati.

Promet je onda slijedeći:

Počne u 7 sati u jutro, te upotrebi za 2 sata  $\sim 280$  Amp, koje dobavljaju strojevi sa 120 te 80 Amp, te baterija sa 80 amp.

Baterija nema više čitavu kapacitetu, jer smo potrošili približno polovicu prijašnju večer za rasvjetu. Jer dobavljaju strojevi 400 ampsata od čitave potrebe - 560 ampsata - ostatak je u bateriji od  $\sim 250$  ampsati dostatan, jer nema više dobavljati nego 160 ampsati.

Od 9 sati unaprijed su dostatni 40 Amp. Manji stroj od 80 amp obustavimo, veći stroj radi sa punim teretom, to jest ugodnijim stepenom sa 120 amp, 40 u mrežu 80 u bateriju.

Baterija je izgubila približno

$$250 + 140 = 410 \text{ ampsati.}$$



Stepen savršenosti je 0,92 prema tome za nabijanje potrebnog

$$410 : 0,92 \cdot 80 = 5,5 \text{ sati}$$

raspoloživo vrijeme imamo od 9-1 te 2-4 to je 6 sati, prema  
statno.

Nekoliko prvih elemenata baterije, dodatne elemente, mora se, da se nema preopterećenje tih elemenata, iskopčati. O tom kasnije.

Stroj od 120 amp mora naravno biti sposoban za nabijanje. / Uzvišenje napetosti od ~ 50%./

doba dana	vreme	Maks. jakost str. u prosjeku		Upotreba struje	Na temelju dosadašnjih podataka određen promet.
		amp	amp/sat		
pre p. 7-9	2	380	560	Rasvjeta te radiona	Paralelni pogon 2 strojeva i baterija Strojevi: 200 amp./400 a.s./ Baterija: 80 amp./160 a.s./
9-11	2	40 +nabijanje	80 +nabijanje	Radiona	Jedan stroj /80amp/ obustavljen, drugi / 120 amp / radi sa 40 amp u mrežu, sa 80 u bateriju.
11-1	2	40 +nabijanje	80 +nabijanje	"	"
posl. p. 2-4	2	40 +nabijanje	80 +nabijanje	"	"
4-6	2	120	240	Rasvjeta te radiona	Nabita baterija služi za izjednačenje, struju u mrežu dobavlja samo stroj.
noću od 6 unaprijed	5	50	250	Rasvjeta stanovna i t.d.	Struju dobavlja samo baterija /kap. 500 amp. sati/. Upotreba 250 amp. sati/.

Kadkad je uredba takova, da je glavni stroj dostatan za glavnu rasvjetu, baterija je tako određena, da je dostatna za prilično malenu jakost struje po obustavljanju pogona.

Svratište upotrebi na pr. za rasvjetu -110 Volt- slijedeću struju /ovdje se ravnamo po potrebi/



Doba dana	Vrijeme upotrebe struje	Upotreba struje u prosjeku	
		amp.	amp/sat
6-9 prije p. od 9 unapred	3 Nabijanje	35	105
od 6 posl.p.	7	80-120	560-1400
od 1 noću do 6 pre. p.	5	15	75

Neka se odredi veličina stroja te baterije ako pretpostavimo, da dobavlja za glavno vrijeme rasvjete, t. j. 6 p.p. do 1 noću, stroj čitavu struju. Baterija dobavlja struju od 1 noću do 9 prije podne, onda slijedi nabijanje baterije.

Jer naraste struja u vrijeme od 6 p. p. do 1 noću do 200 amp mora biti stroj konstruisan za ovu maksimalnu vrijednost, da može sam namiriti potrebu.

S obzirom na nabijanje akumulatora mora biti moguće napetost uzviti do 165 Volta, ako se neće uzeti za nabijanje dodatni stroj, što bi bilo u ovom slučaju ugodno, jer je kratko vrijeme nabijanja zbog male kapacitete baterije, tako da bi radio stroj kod normalne napetosti od 110 Volta za dugo vrijeme od 6 pp. do 1 sat noću sa neugodnim stepenom djelovanja.

Baterija mora dobavljati ujutro u 3 sata 105 amp.sati, noću za 5 sati 75 amp.sati to je ukupno 180 amp.sati. Da se ima rezervu odabere se bateriju od približno 230-250 amp.sati, maksimalna jakost struje 50 Amp. Je li jakost struje za nabijanje 54 amp, onda je potrebno vrijeme za nabijanje potrošenih 180 amp.sati:

$$180 : 54.0,92 = 3,6 \text{ sati}$$

Na raspoloženje imamo vrijeme od 9-12 prije podne, od 1-6 poslije podne, prema tome više nego dosta.

Više puta se dogodi da se hoće pomoću baterije akumulatora raspored za rasvjetu raširiti kao u slijedećem primjeru.

Raspored za rasvjetu / 400 Amp, 110 Volt = 44000 vata / mora se raširiti.

Jer nije moguće povećati raspored parnoga stroja, mora se uzeti bateriju, koju nabija stroj u vrijeme 9-12 prije podne te 1-4 poslije podne, to jest za vrijeme mirovanja glavnoga pogona. Od 6-9 ujutro te 4-6 poslije podne baterija je poredno skopčana sa strojem. Za vrijeme nabijanja upotreba žarulja  $\sim$  20 amp.

Za bateriju od 110 Volt moramo uzeti

$$110 : 1,8 = \sim 60 \text{ elemenata}$$

najveća napetost kod nabijanja

$$60 \cdot 2,75 = 165 \text{ Volta,}$$

tako da se za nabijanje ne može upotrebiti čitavu struju od 400 amp.

Ovdje dolazi u obzir samo onaj dio, koji odgovara uzvišenoj napetosti te koji slijedi iz promišljanja, dakle u oba slučaja efekt biti isti

$$400 \cdot 110 = x \cdot 165 \quad x = \sim 267 \text{ amp.}$$

Uzvišenja napetosti

$$165 - 110 = 55 \text{ Volt}$$

postići ćemo pomoću dodatnog stroja, koji mora prema tome biti konstruiran za 55 Volt, te 267 Amp. Budući da rasvjeta treba za vrijeme nabijanja 20 amp. onda imamo struju nabijanja  $267 - 20 = 247 \text{ amp.}$

Ovdje odaberemo akumulator sa strujom n.pr. 252 amp. za nabijanje, / to je n.pr. određena tipa M 42 tvornice Kölner Akum. Wercke/.

Vrijeme izbijanja je 6-9 te 4-6, to je 5 sati. Za ovo vrijeme ima odabrana tipa struju izbijanja 168 amp, kapaciteta  $5 \cdot 168 = 840 \text{ amp.sati.}$

Vrijeme za nabijanje  $840 : 0,92 \cdot 247 = 3,75 \text{ sati.}$  Raspoloživo 9-12, 1-4.

Totalna struja povećanog rasporeda

$$400 + 168 = 568 \text{ amp.}$$

Imamo čisti paralelni pogon stroja te baterije, maksimalna jakost struje leži medju 50 i 100% maksimalne jakosti struje generatora. Možemo približno odrediti veličinu elemenata na slijedeći način:

Označi:

M maksimalnu jakost struje za dan najvećeg konzuma u amp.

$I_d$  " " " dinamo stroja

$I_a$  " " " izbijanja baterije, izbijanje u 3 sata

C kapaciteta baterije u amp. satima, izbijanje u 3 sata.

A čitava upotreba struje rasporeda, "maksimalni dan" u amp. satima  
/:Slijedi iz ploštine krivulje: abscisa vrijeme, ordinata jakost  
struje./

t vrijeme pogona stroja u satima za "maksimalni dan"

D dobavljanje struje direktno u mrežu putem generatora u amp. s.

Najprije imamo:

$$I_d + I_a = M \quad C = 3 \cdot I_a \quad / 1 /$$

Predpostavimo da radi stroj čitavo vrijeme pogona / t / sa maksimalnom strujom  $I_d$ , što se može kod paralelnog pogona često postići. onda imamo za nabijanje baterije na raspoloženo množinu elektricitete:

$$t \cdot I_d - D \text{ amp.s.}$$

Predpostavimo dalje, da je stepen savršenosti s obzirom na množinu elektricitete / amp. sat / baterije 90% onda može baterija korisno predati  $0,9 / t \cdot I_d - D / \text{ amp.s.}$

Za dan maksimalne upotrebe mora se bateriju sasvim iskoristiti, prema tome bio bi ovaj iznos jednak kapaciteti C baterije, ako bi imala baterija za svaku jakost izbijanja isti broj amp. sati. Faktično se izbije u pogonu baterija sa manjom strujom nego što je maksimalna, tako da imamo nešto veću kapacitetu. Stavimo bez obzira na ovu činjenicu iznos korisnih amp. sati = C onda imamo:

$$0,90 / t \cdot I_d - D / = C = 3 \cdot I_a \quad / 2 /$$

$$\text{Konačno vrijedi još: } D + 3 \cdot I_a = A \quad / 3 /$$

Određimo za vrijeme t pogona stroja na dan maksimalne upotrebe iznos, koji bi praktično odgovarao, onda se može nepoznate veličine  $I_a$  odnosno  $C / I_d$  te D iz jednačbe 1-3 izračunati.

Umetnemo u 2 vrijednosti za  $I_d$  iz 1, te D iz 3 dobivamo:

$$I_a = \frac{t \cdot M - A}{t + 0,33} \quad C = 3 \cdot I_a = 3 \frac{t \cdot M - A}{t + 0,33}$$

$$I_d = M - I_a = M - \frac{t \cdot M - A}{t + 0,33} \quad D = A - 3 \cdot I_a = A - \frac{t \cdot M - A}{t + 0,33}$$

Odaberemo samovoljno razdiobu maksimalne struje  $M$  na generator te bateriju -  $I_d$  te  $I_a$  odredimo - onda možemo izračunati vrijeme  $t$  pogona stroja:

$$t = \frac{A + 0,33 \cdot I}{I_d}$$

N. pr.

Našli smo da iznaša na dan najveće upotrebe struje maksimalno 330 amp, čitavi konzum na taj dan je 1750 amp.s. dakle  $M = 330$ ,  $A = 1750$ . Stavimo vrijeme pogona za ovaj jedan dan jednako 11 sati t.j.  $t=11$  onda dobijemo

$$I_a = \frac{11 \cdot 330 - 1750}{11 + 0,33} = 166 \text{ amp.}$$

Prema tome  $C = 3 \cdot I_a = 498 \text{ amp.s.}$

$$I_d = M - I_a = 164 \text{ amp.}$$

$$D = A - C = 1252 \text{ amp.s.}$$

Maksimalna struja generatora je približno ista kao i baterije.

Stavimo u ovom slučaju razdiobu struje samovoljno tako, da mora do-  
bavljati baterija  $1/3$ , generator  $2/3$  onda imamo:

$$I_a = 110 \cdot A \cdot I_d = 220 \text{ amp.}$$

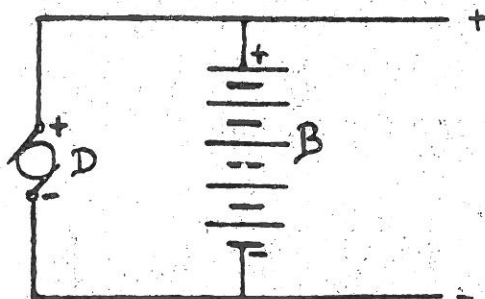
$$t = \frac{A + 0,33 \cdot I}{I_d} = \frac{1750 + 0,33 \cdot 110}{220} = 8,12 \text{ sati.}$$

Kada treba početi sa pogonom generatora određuje krivulja konzuma. Pogon se obustavlja noću, kad je struja pala na normalnu jakost izbijanja, ali da ovu jakost ne prekorači više. Prema tome mora pogon početi u našem slučaju 8,5 sati prije toga momenta.

Predpostavili smo bili, da radi stroj čitavo vrijeme sa maksimalnom strujom. Ako se to ne slaže, mora se uzeti u obzir faktičnu upotrebu.

### 9./ Elastična baterija.

Svrha elastičnih baterija / Pufferbatterie / je izjednačenje jakih promjena jakosti struje i to tako, da rade strojevi sa približno jednakim opterećenjem. Baterija se priključi poredno k stroju ili strojevima.



Naravno mora imati baterija odgovarajuću napetost i veličinu elemenata.

Ako su razmjeri pravilni onda ne dobavlja i ne dobiva baterija struju, dok vlada normalno opterećenje.

Prekorači li jakost struje, to jest potreba struje u mreži, ovu vrijednost onda daje baterija toliko struje, za koliko se je prekoračilo normalnu vrijednost. Padne li jakost struje ispod normalne veličine, onda dobije baterija toliko, za koliko struja u mreži leži ispod normalne vrijednosti.

Ovi razmjeri mogu se mijenjati svaki moment, baterija se izbiju, 1 minuta n.pr. poslije opet nabija, onda opet baterija ne dobiva niti ne dobavlja struju i t.d.

Generator ostane skoro skoro uvijek jednako opterećen, baterija brani generatora pred svakim udarcem struje. Djelovanje generatora može se napraviti primjerno prosjeku opterećenja, a ne primjerno najvećem opterećenju.

Dobit elastične baterije je prema tome:

- 1./ Jednoliko opterećenje generatora, to jest štednja mašinskog rasporeda.
- 2./ Manja veličina mašinskog rasporeda ili veće djelovanje kod zadannog rasporeda.
- 3./ Sigurnost prometa, jer tvori elastična baterija rezervu za prvi moment.
- 4./ Mogućnost za vrijeme manje upotrebe struje bez generatora hraniti mrežu.

Zle strane su:

1. Nešto veći troškovi kod kupnje, nešto bolje komplicirani promet.

Djelovanje elastične baterije leži u tome, da se napetosti na stezaljkama generatora kod različitih opterećenja promjeni. Generator i baterija tvore zatvoreni krug. Jer su istoimeni polovi spojeni, prema tome je djelovanje elektromotornih sila suprotno, ne može teći struja, ako je napetost na stezaljkama generatora jednaka el. m. sili baterije. Pretpostavimo da je taj uvjet ispunjen za normalni broj okretaja, te normalno opterećenje. Raste li trošak u mreži nad ovo opterećenje pada nešto napetost stroja el. m. sila baterije nadmaši, baterija dobavlja struju u mrežu; generator dobavlja isti iznos / odnosno ne mnogo više / kao kod normalnog opterećenja. Napetost na stezaljkama baterije je zbog nutrašnjih gubitaka nešto manja nego njezina el. m. sila, ona postane jednaka napetosti na stezaljkama generatora, jer spoj generatora sa baterijom skoro nema otpora.

Padne li struja ispod normalne vrijednosti, raste broj okretaja generatora te napetost još preko el. m. sile baterije, tako da sada baterija dobiva struju / nabijanje /. Struja nabijanja i struja u mreži su jednake približno normalnom opterećenju generatora, tako da ostane opterećenje generatora skoro nepromjenjeno. Baterija bi radila sasvim tačno elastično, ako bi napetost na njezinima stezaljkama bila uvijek jednaka, sve jedno ili teče struja kroz bateriju ili ne. Ali to se u istinu ne slaže. Napetost stezaljaka baterije se promjeni ako teče struja kroz bateriju tako da moramo otpadanje zbog nutrašnjeg otpora sumirati ili subtrahirati i to kod nabijanja ili izbijanja. Zbog toga je napetost na stezaljkama baterije kod izbijanja manja, kod nabijanja veća nego el. m. sila  $E$ .

Znači li  $K$  napetost na stezaljkama, onda vrijedi za izbijanje:

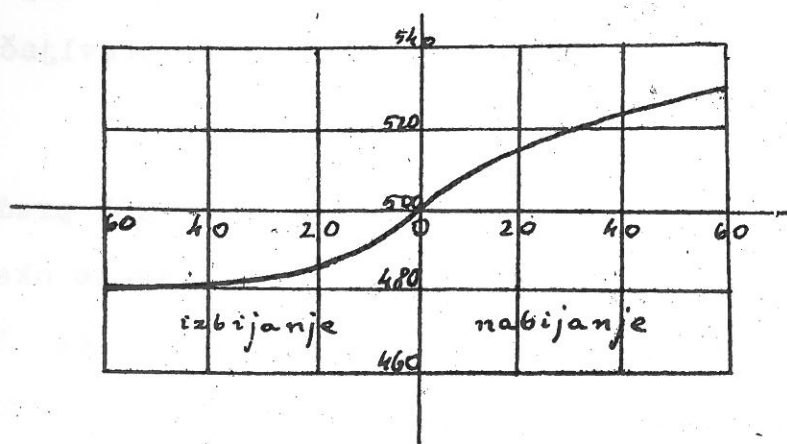
$$K = E - I \cdot W_i \quad \text{dakle} \quad I = \frac{E - K}{W_i} \quad \text{za nabijanje}$$

$$K = E + I \cdot W_i \quad \text{"} \quad I = \frac{K - E}{W_i}$$

Gdje znači  $I$  jakost struje u bateriji,  $W_i$  unutarnji otpor. Jakost struje, koja teče kroz bateriji kod nabijanja i izbijanja je kod iste razlike između  $K$  i  $E$  samo unutarnjemu otporu obrnuto proporcionalno. Slijedeća slika prikazuje djelovanje elastične baterije. Je li napetost generatora pade zbog većeg opterećenja ispod 500 Volta tim više struje dobi baterija.

Predpostavimo konstantnu el. m. silu baterije, što se sa istinom slaže, ako se ima kratkovremeno nihanje jakosti struje između nabijanja te izbijanja, onda je stepen elasticitete ovisan samo o unutarnjem otporu baterije. Čim manji ovaj otpor, tim bolje radi baterija. Zbog toga ne mogu biti nikad preveliki elementi za elastičnu bateriju.

Za dobro djelovanje elastične baterije potrebno je da se promjeni za dostatnu veličinu napetost na stezaljkama stroja sa strujom i to u blizini normalnog tereta. Kempaundni stroj osobito nadkompoundirani stroj nije sposoban da radi sa elastičnom baterijom. Sposoban je poradni generator osobito ako radi sa malo zasićenim magnetima, jer je onda otpadanje napetosti stezaljaka sa rastućom strujom dostatna.



Broj elemenata elastične baterije određen je isto tako, kao kod svake druge baterije sa napetošću. El. m. sila baterije mora biti jednaka napetosti stezaljaka generatora kod punog tereta te normalnog broja okretaja.

Pitanje je samo, koju vrijednost se mora uzeti za el. m. silu baterije. Ovdje treba uvažiti, da se stalno mijenja nabijanje te izbijanje, tako da takva baterija, ako je pravilno odmjerena, konačno nema ni izbijanja ni nabijanja, dakle uvijek u istu stranu radi.



Za EMS mora se uzeti iznos, koji vrijedi za element ako je skoro sasvim nabit po odmoru od nekoliko sati, to je približno 2,08 Volt. Potrebni broj  $n$  je prema tome, ako  $V$  označava normalnu napetost mreže:

$$n = \frac{V}{2,08}$$

na pr.      za  $V = 240$  Volt      115

      "       $V = 550$  Volt      264

Kod iste napetosti je prema tome broj elemenata elastične baterije nešto manji nego baterije za rasvjetu / kapacitivna baterija /.

Broj se može tačno izračunati, veličina elementa ne.

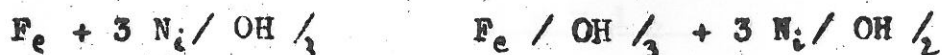
Prvo pitanje je iznos za koji struja u mreži njiše nad i ispod normalne struje. Čim je veće ovo njihanje, čim više udaraca tim se veće mora uzeti elemente. Praktično pravilo glasi veličina mora biti takeva, da struja za izbijanje u jednom satu mora biti jednaka najvećoj razlici njihanja nad ili ispod normalne jakosti.

I ako baterija ostane skoro u istom stanju mora se ju normalno nabijati, da se nema prevelikog sulfatiranja. 1 - 2 puta svaki mjesec potrebno je osim toga prenabijanje, to je do jake tvorbe plina za 1-2 sata. Spoj ove baterije sa generatorom i mrežom je jednostavniji nego spoj kapacitivne baterije, jer obično nije potreban upravljač elemenata. Dalje vidi spojevi baterije i generatora.

Do sada smo raspravljali o glavnom akumulatoru. Godine 1901 predložio je Jungner novu kombinaciju, nikeloksid kao pozitivnu te oksid željeza kao negativnu ploču. Tekućina tvori 21% kalijeva lužina. Nešto kasnije izradio je ovaj sistem osobito u konstruktivnom smjeru Edison tako da je dan danas taj sistem poznat pod imenom Edison akumulator. Ovaj se akumulator upotrebljava osobito za automobilne čamce, transportabilne uređaje za rasvjetu i t. d.

Takodjer kod ovih akumulatora postoji aktivna masa, to je sa pozitivne oksid nikla, za negativne željezni oksid na elektrode iz željeza / sa niklom prevučeno / udešena.

Proces nam označuje jednadžba:



to jest kod izbijanja se pretvori željezo u željezni hidroksid  $F_e / OH \frac{1}{3}$  te nikeloksidhidrat  $N_i / OH \frac{1}{2}$  u nikeloksidhidrat  $N_i / OH \frac{1}{3}$

Elektrolit ne učestvuje kod toga procesa, usprkos tomu promjeni se koncentracija. Dobit ovih akumulatora je taj da su željezo i nikel bolje konstruktivne tvari nego olovo. Ove tvari su također manje težine, ali za isto djelovanje nadmaša olovni akumulator i to zbog velike napetosti. Za Edison akumulator vrijedi za normalno  $3:3/4$  izbijanje u sredini 1,23 Volta, na kraju izbijanja 1,15 Volt. Na kraju nabijanja imamo 1,8 Volt.

Dobro konstruiran olovni akumulator daje za kg težine 30 vat-sata Edison ak.  $\sim 20$ . U prostoru upotrebi Edison ak. približno dva puta toliko kao olovni. Sigurno je da je mehanička čvrstoća Edison akum. mnogo veća nego kod olovnog, te da je akumulator sigurniji i manje opasan, ali to je i sve.



## B. Spojevi.

### 1 Nabijanje elementa, jednostavni upravljač.

Napetost svakog elementa leži između 1,85 volta nakon izbijanja te 2,5-2,7 Volta nakon nabijanja. No redovno se zahtjeva, da napetost mreže mora biti konstantna. Želimo li imati n.p. 110 Volta onda treba uzeti najmanje 60 elemenata, te ih spojiti u seriju. Onda imademo na početku izbijanja  $60 \times 2,1 = 126$  volta, dok na kraju nabijanja izlaše napetost cirka  $60 \times 2,75 = 165$  volta. Ako treba da je napetost mreže konstantna t.j. 110 Volta, moramo gledati, da nam, ovi preveliki naponi akumulatorske baterije ne dolaze do mreže. Tu imademo dva načina. Prvi. Upotrebljavamo otpor za regulaciju u glavnom krugu, tako da se u tom otporu uništi onaj dio napona, koji je prevelik. Kako pak napetost baterije uslijed potroška struje sa vremenom pada, to se jednostavno otpor pomaže iskapća, te na taj način imademo uvijek napetost konstantnu. Uporaba je vrlo jednostavna, ali je neekonomična. To je uzrok da se mnogo više voli onaj drugi način t.j. metoda regulacije pomoću elemente za upravljanje.

Broj ovih elemenata ovisan je o tome, koliko mora biti napon mreže. Ako sa "Z" označimo broj svih elemenata baterije, to je "e" napetost mreže vezana ovom relacijom:

$$Z = \frac{e}{1,85} \text{ ili } e = 1,85 Z \dots I.$$

Ako je akumulatorska baterija samo zavrijeme izbijanja priključena na mrežu / t.j. ako za vreme nabijanja žarulje-rasvjete ne gori / onda se mora uzeti u obzir, da je u početku izbijanja napetost svakog elementa 2,1 volt, pa prema tome u početku izbijanja potrebni broj elemenata.

$$Z' = \frac{e}{2,1}$$

Ostane nam dakle za upravljanje "Z" elemenata, gdje je .

$$Z' = Z - z = \frac{e}{2,1} \text{ ili } e = 2,1(Z - z)$$

Iz ovih jednačba 1 i 2 slijedi :

$$2,1(Z - z) = 1,85 Z \text{ ili } z = 0,12 Z \approx \frac{1}{8} Z$$



To vrijedi ako mreža ukopčana jedino za vrijeme izbijanja akumlatora. Tu dolazi dakle u obzir maksimalna napetost izbijanja jednog elementa: 2,1 Volta. Imademo li za vrijeme nabijanja također ukopčane žarulje, to moramo imati na umu, da kod nabijanja naraste napon svakog elementa do 2,75 Volta, pa će sada biti prema tome:

$$z' = \frac{e}{2,75}$$

te broj elemenata za upravljanje:  $z = z - z'$

$$z' = z - z = \frac{e}{2,75} \quad \text{ili} \quad e = 2,75(z - z) \quad \text{--- IIa}$$

Na I. u II. slijedeći:  $2,75(z - z) = 1,85z$  odnosno  $z = 0,327z = \sim \frac{1}{3}z$

Iznaša li n.p. napetost mreže 110 Volta, to je potrebni broj elemenata:

$$z = \frac{110}{1,85} = \sim 60$$

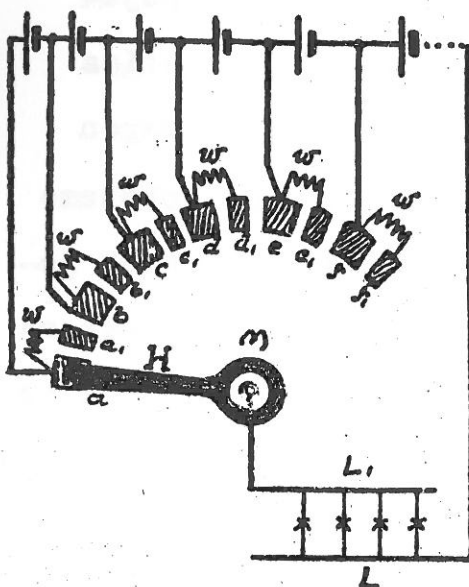
Ako za vrijeme nabijanja mreža nije ukopčana to za regulaciju treba

$$z = \frac{1}{8}z = \frac{1}{8}60 = \sim 8 \text{ elemenata}$$

Ako je baterija i za vrijeme nabijanja ukopčana na mrežu te n.p. žarulje svjetle onda je:

$$z = \frac{1}{3}z = \frac{1}{3}60 = 20 \text{ elemenata}$$

Da se može brzo i sigurno prikopčati i isključiti elemente upravljanja upotrebljava se osobiti jednostavni upravljač /Sl. 1./ /Einfachzellenschalter/. Konstrukcija i način djelovanja su slijedeći:



Sl. 1.

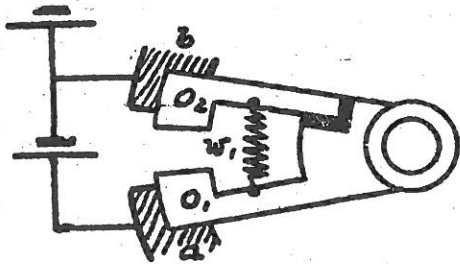
Na jednom kraju baterije su elementi, određeni za upravljanje napona spojeni sa kontaktima a, b, c, Poluga H kliže se po kontaktima. Mreža, čiju napetost treba regulirati, priključena je sa jedne strane / vod  $L_1$  / na polugu H, dok je drugi vod L spojen na drugi kraj baterije. Leži li poluga H na kontaktu " a " onda je čitava baterija ukopčana. Mičemo li polugu prema " f " iskapćaju se postepeno pojedini elementi baterije. Kod toga dakako kada poluga prelazi od jednog kontakta na drugi, nesmije se nikada prekinuti sveza, jer bi onda u mreži nestalo struje. Ali ako bi kontakt poluge bio tako širok

da se dotiče kontakta " b " dok još nije napustio kontakt " a ", imali bi element 1 u kratkom spoju, struja kroz taj element bile bi prevelika, pa bi mogao da strada. da se to spriječi umetnemo između kontakta " a ", " b ", " c ".....još jedan sistem kontakta  $a_1, b_1, \dots$  koji su spojeni sa kontaktima a b c preko malenih otpora " w "

Donji dio poluge H je tako širok, da kod prelaza dotiče oba kontakta  $a, a_1$  odnosno  $b, b_1, \dots$ . Glavni su kontakti iz tog razloga nešto širi.

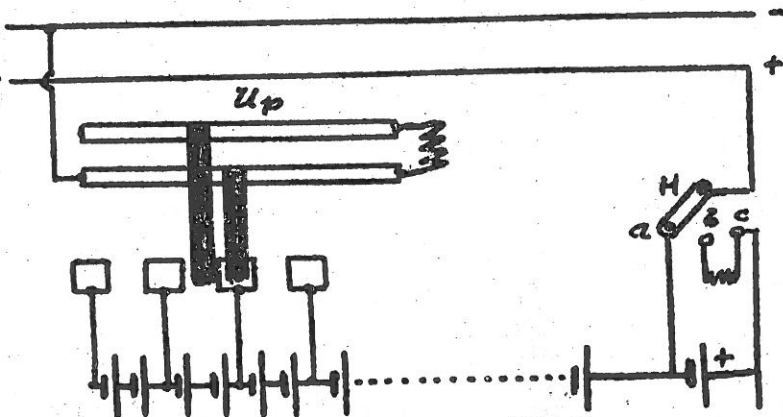
Veličina otpora " w " slijedi iz Ohmovog zakona. Ako je dozvoljeno opterećenje baterije 100 Amp., onda je otpor  $= \frac{e}{I} = \frac{2}{100} = \frac{1}{50} \Omega$ . Presjek ovih otpora /novo srebro / mora biti tako odregjen, da nemamo prejakog ugrijanja.

Veliki broj ovih otpora može se reducirati na jedan jedini, ako se kontakt poluge razdijeli u dva dijela "  $o_1$  " i "  $o_2$  " , koji su spojeni otporom " w ". U tom slučaju netrebamo niti pomoćnih kontakata  $a_1, b_1, \dots$  /slika 2. /



Sl. 2.

Da se umanja broj vodova k upravljaču upotrebljava se također spoj sa pomoćnim elementom / štedljivi spoj /. Kod ovog se spoja / sl 3 / priključe dva elementa između pojedinih kontakata tako da je potrebna polovica svih vodova. U tom slučaju promjeni se napon uvijek za 4 namjesto za 2 Volta . A da dobijemo

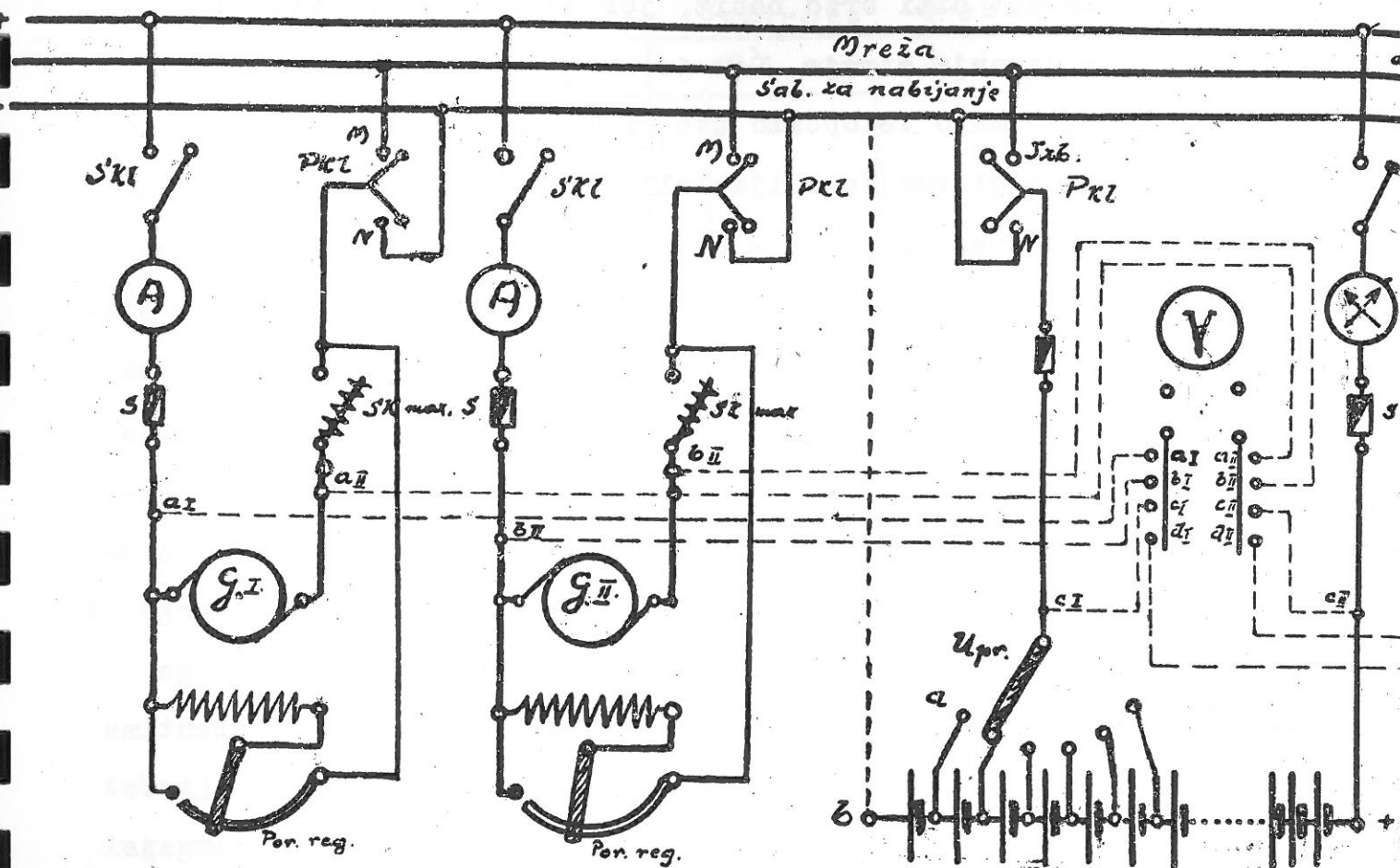


Sl. 3.

promjenu i od 2 Volta, uzme se jedan pomoćni element, koji leži na drugom kraju baterije. Mora li se napetost povećati, onda se najprije ukopča pomoćni element. Ako je još potrebno dodati 2 Volta, onda se glavnim upravljačem ukopčaju još 2 elementa, a polugu H metnemo na " a

te isključimo na taj način pomoćni element.

Slika 4 prikazuje nam shemu spajanja dvaju porednih generatora u svrhu nabijanja akumulatorske baterije, te jednostavni upravljač i osobiti sabirač za nabijanje.



Slika 4.

Baterija je ukopćana *paralelno* sa generatorima. Imamo li samo jedan generator moramo preklopku stroja P K Z položiti ili na nabijanje "N" ili na mrežu "M". Da znademo dali se akumulatori nabijaju ili izbijaju, ukopća se sprava koja prikazuje smjer struje. / Jednostavni galvanometar: Smjer otklona pokazuje smjer struje. / Želimo li, da samo baterija dobavlja struju, umanji se pomoću *povećnog* otpora napetost stroja dok ampermetar A ne pokaže struju = 0, a onda se stroj iskopća.

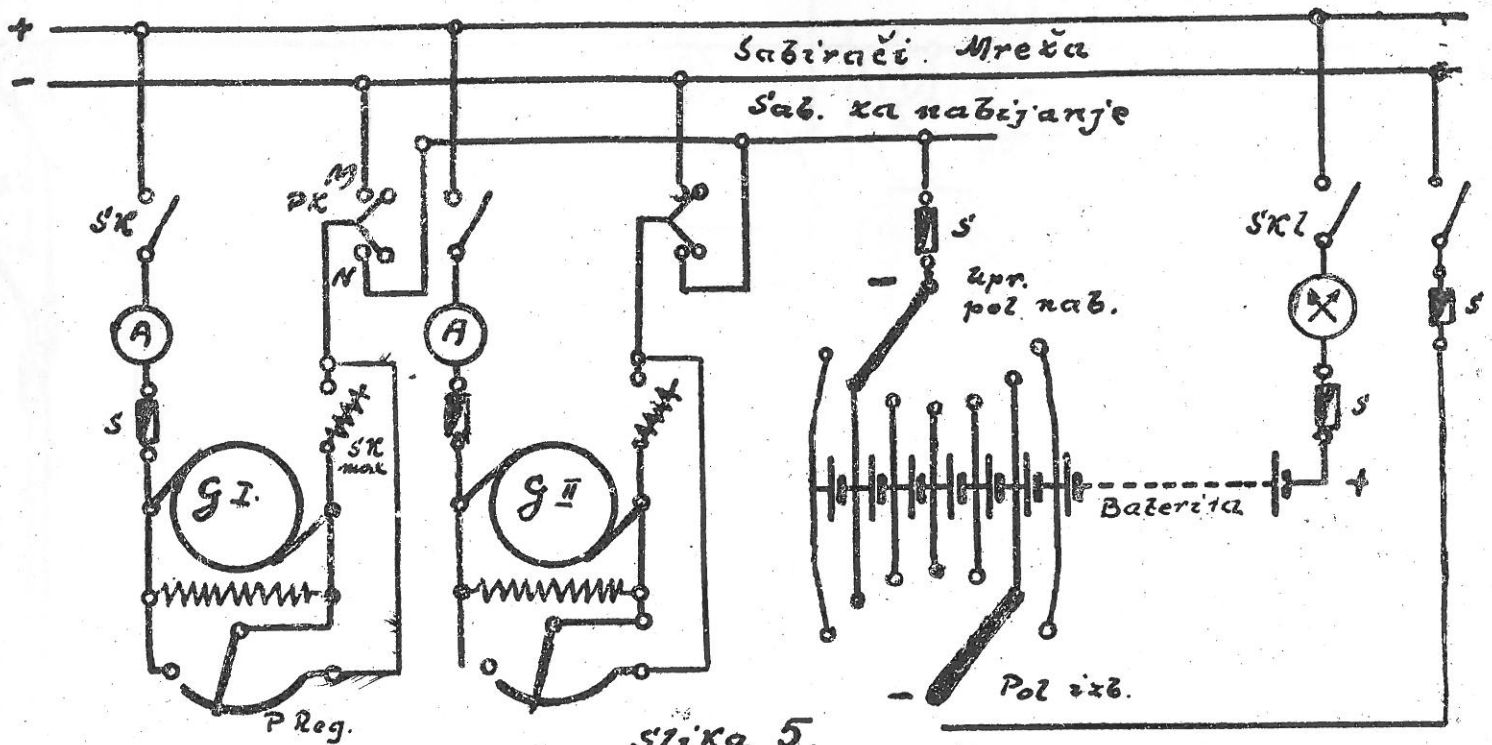
Kod nabijanja raste napon baterije brzo do 2, 1 Volta za svaki element, a onda postepeno do 2, 5 - 2, 7 Volta, tako da je potrebna napetost  $2, 7 \cdot 60 = 162$  Volta. Mreža mora imati također i za ovo vrijeme napon 110 Volta. Zbog toga mora se kod ovog spoja za vrijeme nabijanja mreža iskopćati, ako se ima samo jedan generator.

Ako je baterija sasvim izbita, leži poluga upravlja-  
na kontaktu " a ". To je ujedno položaj poluge u početku nabijanja.  
Zadnji će elemenat biti brzo nabit, jer je bio samo kratko vrije-  
me ukopčan za davanje struje. Čim je nabit isključimo ga upravlja-  
ćem. Tako malo po malo iskopćamo sve elemente upravljanja, te osta-  
je ukopćana samo glavna baterija. Želimo li kod jednog generatora  
takogjer i za vrijeme nabijanja da nam je mreža ukopćana, moramo  
preklopku generatora položiti na nabijanje, a kraj " b " baterije spo-  
jiti sa sabiraćem nabijanja. Osim toga moramo preklopku upravljača  
položiti na mrežu, a sklopka S K Z treba da je zatvorena. Baterija  
leži onda na generatoru i nabija sve elemente dok upravljač regu-  
lira samo mrežu, tako da u mrežu ide struja samo iz ukopćanih ele-  
menata. Struja kroz elemente može na taj način da bude veća, nego je  
to dozvoljeno. Stoga se ovaj spoj izbjegava. A osim toga, jer se  
ćitavo vrijeme nabijaju svi elementi, imaćemo u zadnjim elementima  
koji su u kratko vrijeme nabit, jako veliko razvijanje plina i to  
dugo vrijeme, a to je vrlo nezgodno. Konačno je i gubitak energije  
veliki. Ako je n. pr. jakost nabijanja 300 Amp., te nabijamo bez  
potrebe jedan elemenat, koji je već nabit, to gubimo trajno  
 $300 \cdot 2,7 = 810$  Volta - dakle više nego 1 HP.

Da se svim tim nedostacima izbjegne, napravi se spoj  
tako, da se može zadnje elemente pojedince takodjer od nabijanja  
isključiti. Potrebna je dakle još jedna poluga, a time se jednota-  
vni upravljač pretvori u dvostruki. / Doppelzellenschalter/.

Želimo li prema tome kod jednog jedinog stroja, da se  
za vrijeme nabijanja daje takodjer struja mreži, moramo uzeti dvo-  
struki upravljač. Shema pokazuje slika. 5.

2./ Paralelni spoj baterija- generator, dvostruki upravljač.



U tom slučaju može se lako hraniti za vrijeme nabijanja takogjer mrežu, jer se regulira potrebni napon za mrežu pomoću poluge za izbijanje.

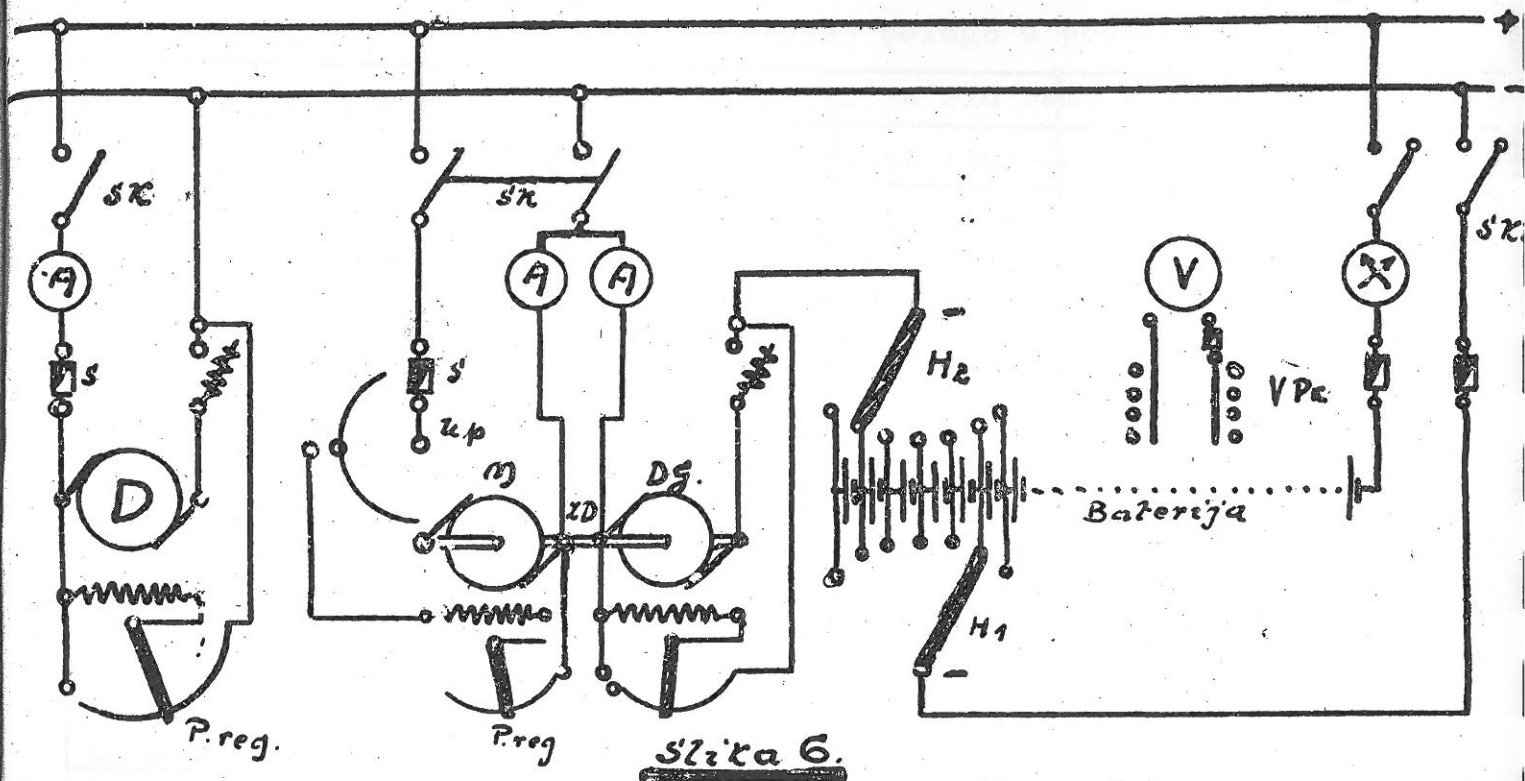
Za vrijeme nabijanja nesmije biti - ako se radi samo sa jednim generatorom - opterećenje mreže preveliko, jer osim struje nabijanja teče kroz zadnje elemente takogjeri struja mreže. Kod toga je zato dozvoljeno maksimalno opterećenjemreže 20% od maksimalne struje nabijanja. Ako to nebi bilo dovoljno, treba zadnje elemente odabrati nešto veće. Želimo li izbjeći svim tim nedostacima, koji dolaze kod nabijanja baterije sa glavnim generatorom, a na to treba kod većih centrala uvijek paziti, uzme se još tako zvani dodatni stroj, ili se baterije nabijaju u skupinama - /odjelima/.

3./ Paralelni spoj baterija generator, dodatni stroj.

U tome slučaju je glavni generator normalno konstruiran, a dodatni generator proizvodi potrebni dodatni napon za nabijanje baterije. Ako je potrebni napon mreže 110 Volta imademo 60 elemenata a dodatni stroj mora proizvesti napon, koji se daje regulirati u gra-



nicama od 15 - 55 Volta.

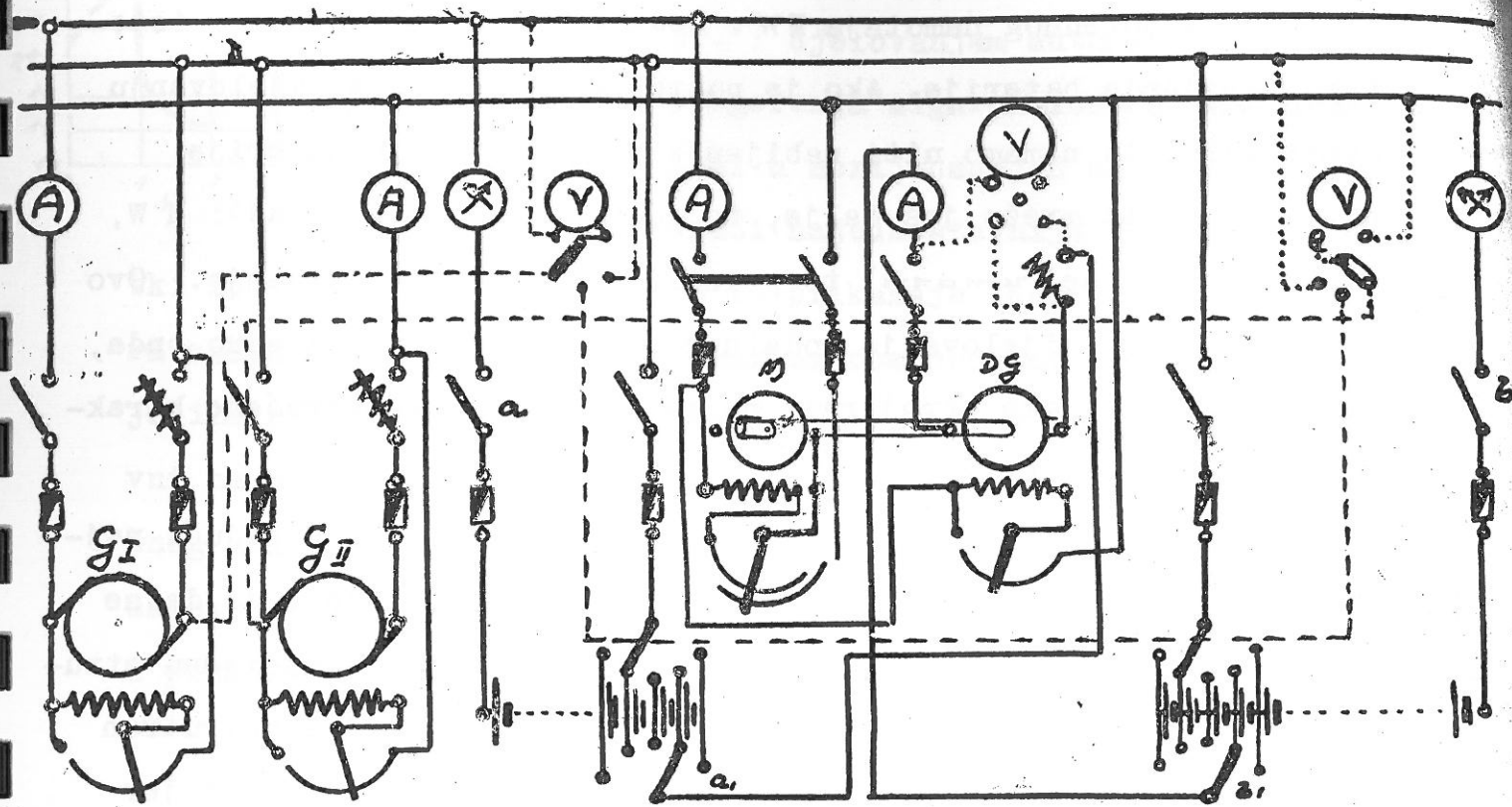


Jakost struje tog dodatnog stroja jednaka je naravno - jakosti za nabijanje. Dodatni se generator uzme prema tome, da se može glavni generator upotrebljavati, a da kod toga i mreža smije trošiti koju god struju. Slika 6 je shema tog spoja.

D je glavni generator /poredni stroj/, čiji napon odgovara mreži. Povećanje napetosti, koja je potrebna kod nabijanja baterije postigne se dodatnim strojem ZD, koji je sa generatorom D spojen u seriju. Najzgodnije je, da se taj dodatni stroj priključi na glavni vod i na polugu za nabijanje. Uredjaj sa dodatnim strojem vrlo je ugodan za velike centrale, gdje investicioni troškovi ne igraju toliku ulogu kao kod manjih centrala i kod električnih instalacija.

U opće se dodatni generator uzima takov, da se može za normalno nabijanje napetost regulirati u dostatnim granicama bez promjene broja okretaja. Isto vrijedi i za prenabijanje. No zgodno je ako se može i broj okreta regulirati, jer se time napetost još dalje može promijeniti. Dodatni generatori imaju uvijek pompne polove.

Trovođni sistemi.



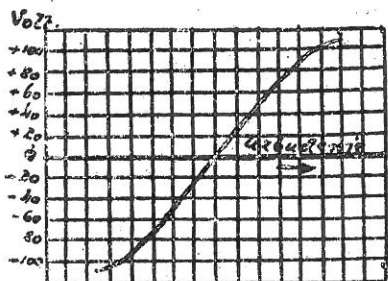
Slika 7

U trovođnoj mreži može se dvostruke upravljače udvesti ili na nutarnjem ili na vanjskom kraju baterije. Slika 7 prikazuje totalnu shemu spoja centrale sa dva u seriju spojena generatora:  $G_I$  te  $G_{II}$  i dodatni stroj sa motorom za pogon. Upravljači su smješteni na nutarnjoj strani baterije. Dodatni stroj leži za vrijeme nabijanja između poluga za nabijanje  $a_1$  i  $b_1$ . Bateriju možemo nabijati na više načina. Ili obe polovice sa istom strujom, ili jednu polovicu sa jaćom strujom za vrijeme normalnog nabijanja, ili konačno može se nabijati svaka polovica neovisna o drugoj. Slika prikazuje spoj sa upravljačima na vanjskom kraju baterije. Razdiobu napetosti postizavamo pomoću baterije. Kod nejednakog tereta obiju polovica, mora veću upotrebu jedne polovice dobavljati baterija. Pomoću preklopke U spaja se glavni generator za nabijanje na bateriju.

U srednjem položaju te preklopke nabijaju se obe polovice baterije u serijskom spoju, dok se u lijevom položaju nabija samo lijeva a u desnom desna polovica. Kod nejednakog tereta može se svaku polovicu zase nabijati, i ako je druga polovica već nabita. No to se može učiniti samo kod malenog tereta u mreži, jer mora u tom slučaju druga polovica baterije pripadajuću polovicu mreže sama braniti

Opteretimo li mrežu teče odgovarajuća struja kroz H W, koja slabi djelovanje porednog namotaja NW. Dodatni napon se umanja, isto tako nabijanje baterije. Ako je potrošak mreže jednak djelovanju generatora, to nemamo niti nabijanje niti izbijanje baterije.

Raste li teret mreže još dalje, to nadmaši glavni namotaj : H W, dodatni napon se *umanja* te prisili bateriju na izbijanje. Ovo djelovanje dodatnog stroja postigne se samo onda,



Sl. 17.

ako stroj radi na ravnom djelu neopterećene karakteristike. Sl. 17

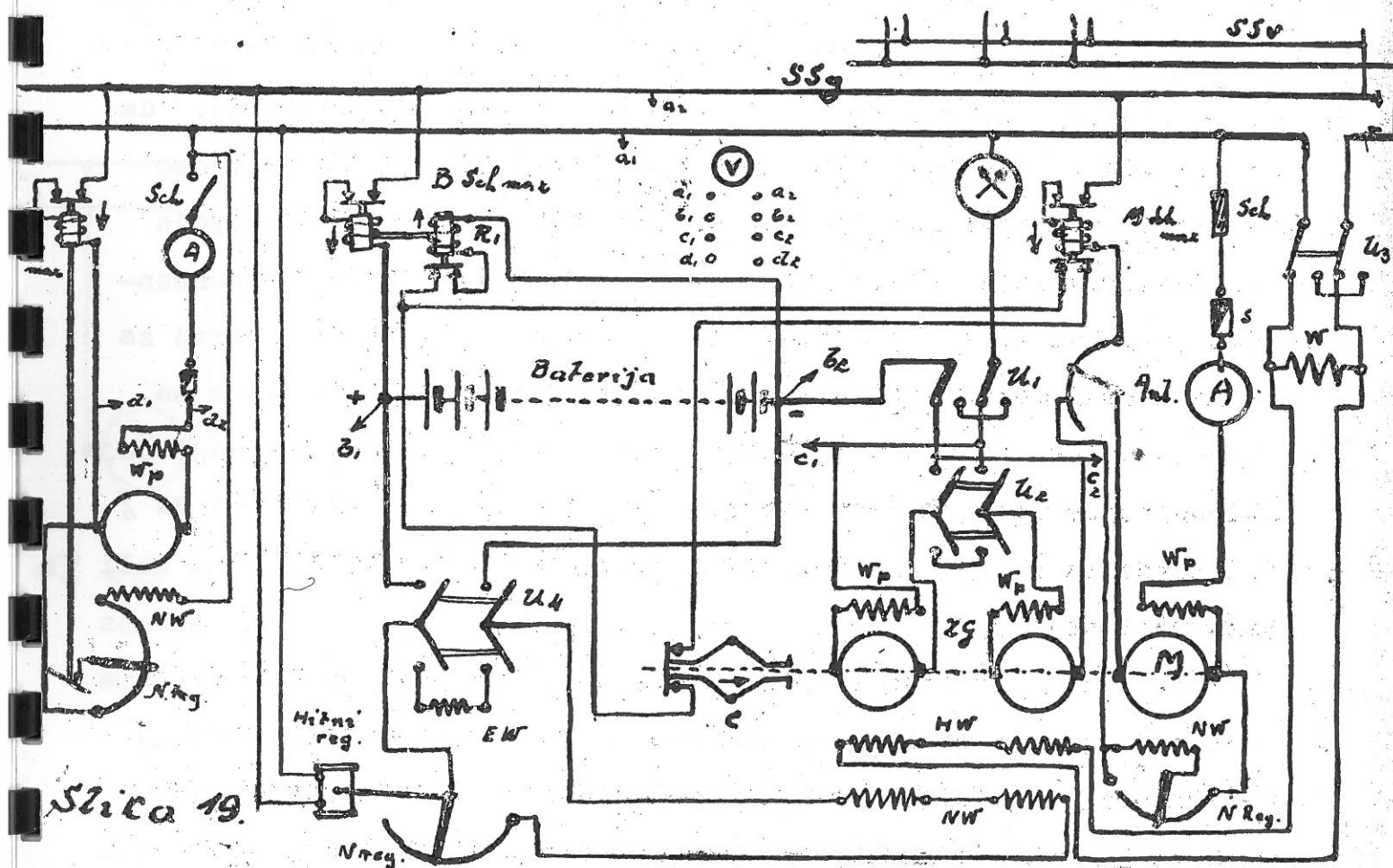
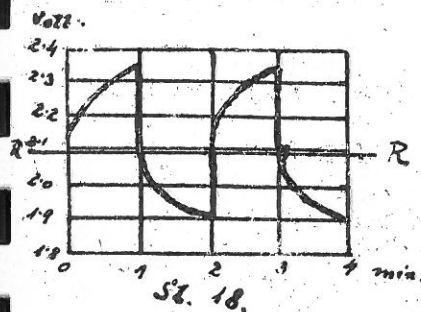
Da lako može nastaviti odgovarajući najzgodniji razmjer, obih namotaja, zgodno je, da se udesi osobite regulatore za glavnu i sporešnu struju. Dodatni stroj mora naravno biti konstruiran tako, da izdrži najjaću struju izbijanja, a jer se taj isti stroj rabi takodjer i za nabijanje, mora stroj imati mogućnost dovoljnog uzvisivanja napona. Iz toga se razloga često konstruiraju dodatni strojevi sa dva kolektora, te se kod nabijanja oni stvore u seriju, a za normalni elastični pogon poredno. Stroj mora imati pomoćne polove / namotaj Wp /, da radi uvijek bez iskara kod velikih promjena struje. Za pogon uzme se obično neposredno ukoćene spojen poredni motor, kojeg se priključuje na sabiraće, te koji dopuštava mogućnost uzvisivanja broja okretaza nabijanje.

Ako se traži što više moguće konstantni napon sabiraća, i to ne veoma uskim granicama, mora se još udesiti hitni generator za regulaciju porednog uzbudjenja dodatnog stroja. Na regulator mora uplivati, promjena, napetosti stezaljka glavnog generatora ili napon sabiraća, kojeg želimo imati konstantnim. Ovakva hitna regulacija jer se napetost akumulatora mjenja takodjer i kod konstantne struje nabijanja i izbijanja i to u prvim sekundama veoma brzo, kako je to prikazano na slici 18, a o čemu se već govorilo kod teorije akumulatora.

Potrebna aparatura za elastični pogon je slijedeća

Ukine li se iz bilo kojeg razloga krug motora za pogon / n. pr. : djelovanjem automatične sklopke ili usljed pregorenja siguralnica./utekne dodatni stroj, koji leži u serijun spojen sa baterijom. Da se to preprijeći najjednostavnije je sredstvo kra-

tki spoj dodatnog stroja kako to prikazuje shema spoja. Krug motora osiguran je automatičnom maksimalnom spojkom M. Sch. max., koja ima osobite kontakte za ukopćanje relais-a  $R_2$ , koji otvori glavni namotaj H W te ukopća totalni otpor N Reg za regulaciju porednog namotaja N W. Onda se zatvori još krug relea za kratki spoj sklopke K Sch. i sklopka sama. Dodatni stroj je kratko spojen i premosten. Nešto jednostavniji je spoj prikazan na slici. 19.



Slika 19.

Ovdje je osiguranje dodatnog stroja, učinjeno tako, da se kod iskapćanja motora iskopća maksimalni rasklopac B Sch. max. baterije te prekine krug baterije.

Služi li za pogon asinhroni motor / trofazni / mora a automatična sklopka u krugu motora biti osigurana u slučaj da nestane napona / slika 19/ da se stroj osigura također i onda ako na-

petost izostane. Osobito se mora naglasiti da krug motora neamije imati osiguralnice obične konstrukcije.

Želimo li još više osigurati dodatni agregat uporabi se centvifugalni kontakt C, koji zatvori relais R<sub>4</sub>, ako bi druga osiguranja zatajila. I ovo se osiguranje vidi iz pojedinih slika spoja.

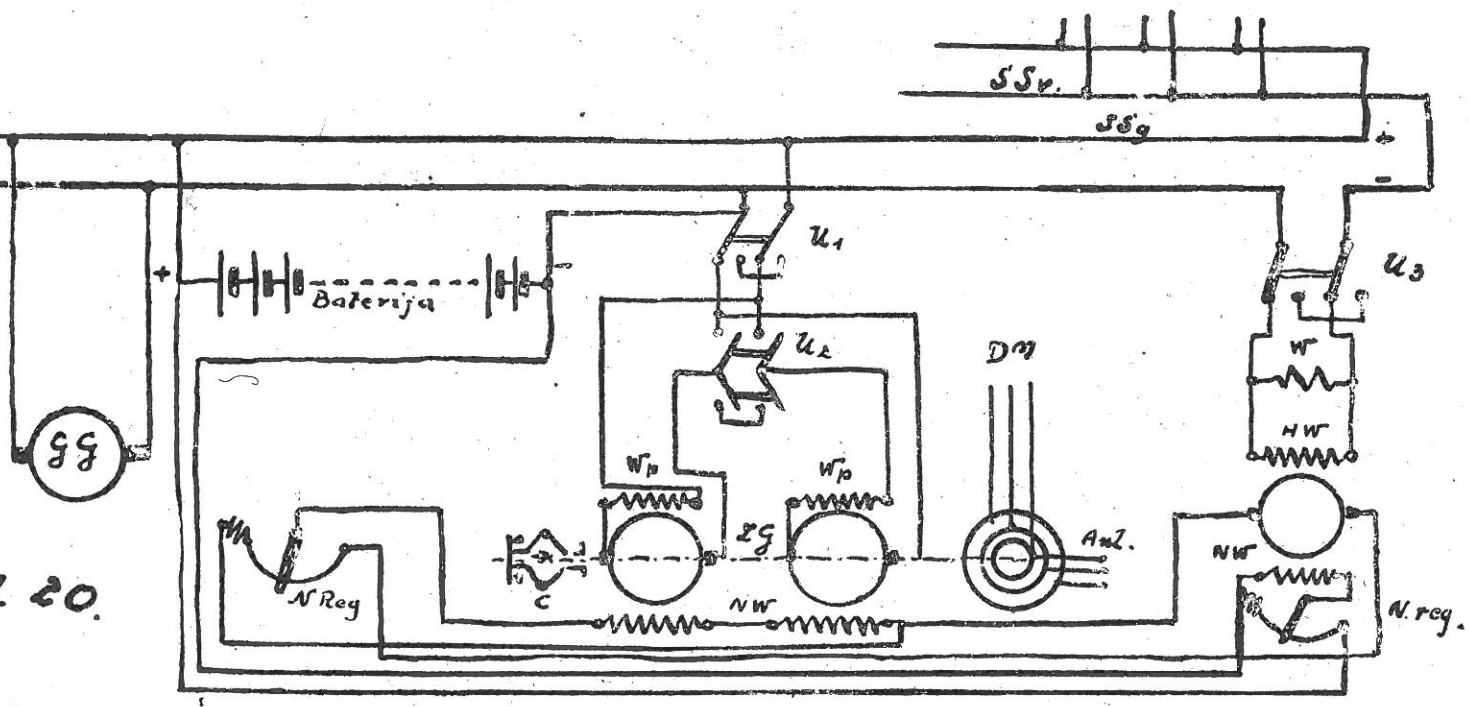
Konačno imademo još dvopolnu prekloпку U<sub>2</sub> za spajanje obiju kontatora u seriju ili poredno; prekloпку U<sub>1</sub> za ukapćanje ili izkapćanje dodatnog stroja; U<sub>3</sub> služi za kratki spoj regulacije onog otpora glavnog namotaja; U<sub>4</sub> iskopća ili ukopća poredni namotaj N W, te ima otpor za izbijanje E W. U slici 19 nacrtan je još spoj porednog regulatora sa hitnim regulatorom.

#### B./ Pirani spoj

I ovaj se spoj mnogo upotrebljava, ako je potrebno, da napon mora ostati konstantan, ma da su promjene u teretu veoma velike. Slika <sup>20</sup> pokazuje spoj, ali bez aparata. Kod ovog se spoja rabi agregat, koji se sastoji iz običnog dodatnog stroja sa nezavisnim uzbuđjenjem, direktno sa svim generatorom spojeni stroj za uzbuđjenje, te motor za pogon. Dodatni je stroj uvijek spojen sa baterijom u seriju. Struju za uzbuđjenje, daje stroj za uzbuđjivanje. Taj stroj za uzbuđjenje ima glavni i sporedni namotaj / HW i NW / koji su tako spojeni, da djeluju suprotno. I sada prema tome dali premašuje djelovanje glavnog ili porednog namotaja promjeni struja stroja za uzbuđjivanje, a prema tome i struja dodatnog generatora smjer. Namotaj: NW leži na stezaljkama baterije, glavni namotaj HW u negativnom sabiraću, tako da je djelovanje glavnog namotaja ovisno o teretu, te dobije za promjenu tereta takogjer promjenljivu jakost struje. NW ovisan je o naponu baterije, koji nije sa teretom. Na taj se način postigne promjena smjera napetosti dodatnog stroja, a ta se napetost onda ili adira k naponu baterije ili k naponu sabiraća. Nema li mreža tereta radi stroj uzbuđenja kao obični poredni generator, pa onda proizvedemo polje u dodatnom stroju prouzroči napon, koji se pribraja k naponu sabiraća- dakle

glavni stroj nabija bateriju. Opteretimo li mrežu ali ispod normalnog tereta, teče struja koja je u negativnom sabiraču također i kroz namotaj H W. Napon stroja uzbuđenja pada, a to je posljedica da dodatni stroj ima slabije polje dakle je i dodatni napon manji. Tome je posljedica da i struja nabijanja pada, te ostane još tako jaka, kako to odgovara teretu mreže i normalnom teretu. Raste li teret u mreži pada struja nabijanja još dalje, dok ne postane jednaka nuli, kada je teret postigao normalnu veličinu. U tome je momentu djelovanje glavnog namotaja jednako djelovanju porednog namotaja, pa dodatni stroj nema napona. Nadmaši li teret mreža normalnu veličinu, nadmaši i djelovanje namotaja HW, pa se napon dodatnog stroja adira k naponu baterije, koja sada dobavlja u mrežu toliko struje, koliko je prekoračen normalni teret.

Sz. 20.



Ovo djelovanje dodatnog stroja je sasvim automatično pomoću porednog regulatora N Reg. možemo razmjere samovoljno promijeniti, tako da dobijemo sasvim točnu regulaciju. Pomoću jednadžba možemo postupak karakterizirati na slijedeći način.

- Označimo li sa
- $AW'_h = I_{max} \cdot W_p$  amperzavoje glavnog namotaja za najveći teret
  - $AW''_h = I_{min} \cdot W_p$  " " " " " najmanji "
  - $AW'_x = I_{x} \cdot W_p$  " " porednog " stroja uzbuđenja
  - $AW_x = \dots$  rezultirajuće amperzavoje kod najvećeg napona.

Onda vrijedi za izbijanje baterije  $AW_x = I_{\max.} w_1 - I_n w_n$

Za nabijanje

$$AW_x = I_n w_n - I_{\min.} w_1$$

Sumiramo ove jednačbe, dobijemo najveću promjenu:

$$I_{\max.} - I_{\min.} = \frac{2AW_x}{w_1}$$

Ako su struje glavnog generatora i mreže jednake, nema dodatni stroj napona, broj amperzavoja porednog namotaja jednak je broju amperzavoja glavnog namotaja, a srednja je jakost struje iz:

$$I_n w_n = \frac{I_{\max.} - I_{\min.}}{2} w_n$$

ili srednja jakost prema tome

$$\frac{I_{\max.} - I_{\min.}}{2} = \frac{I_n w_n}{w_1}$$

ili srednje njihanje napetosti

$$\frac{E_{\max.} - E_{\min.}}{2} = \frac{I_n w_n}{w_1}$$

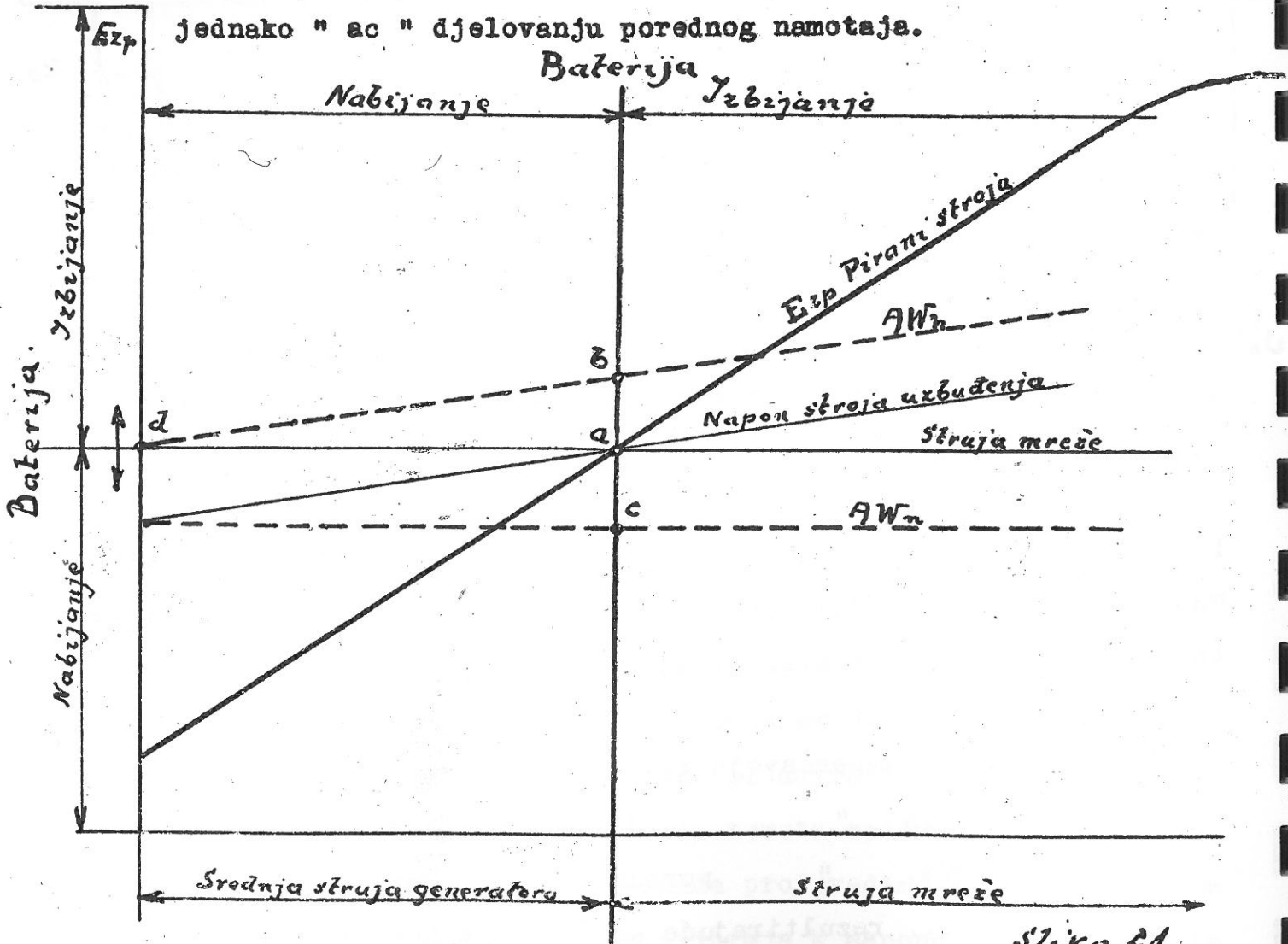
Slika 21 prikazuje djelovanje Pirani agregata

te iz nje možemo lagano vidjeti, kako dodatni

stroj regulira napon, te nabijanje i izbijanje baterije,

U točki " a " tereta mreže u kojoj su struje mreže

i generatora jednake " ab " djelovanje glavnog namotaja NH jednako " ac " djelovanju porednog namotaja.

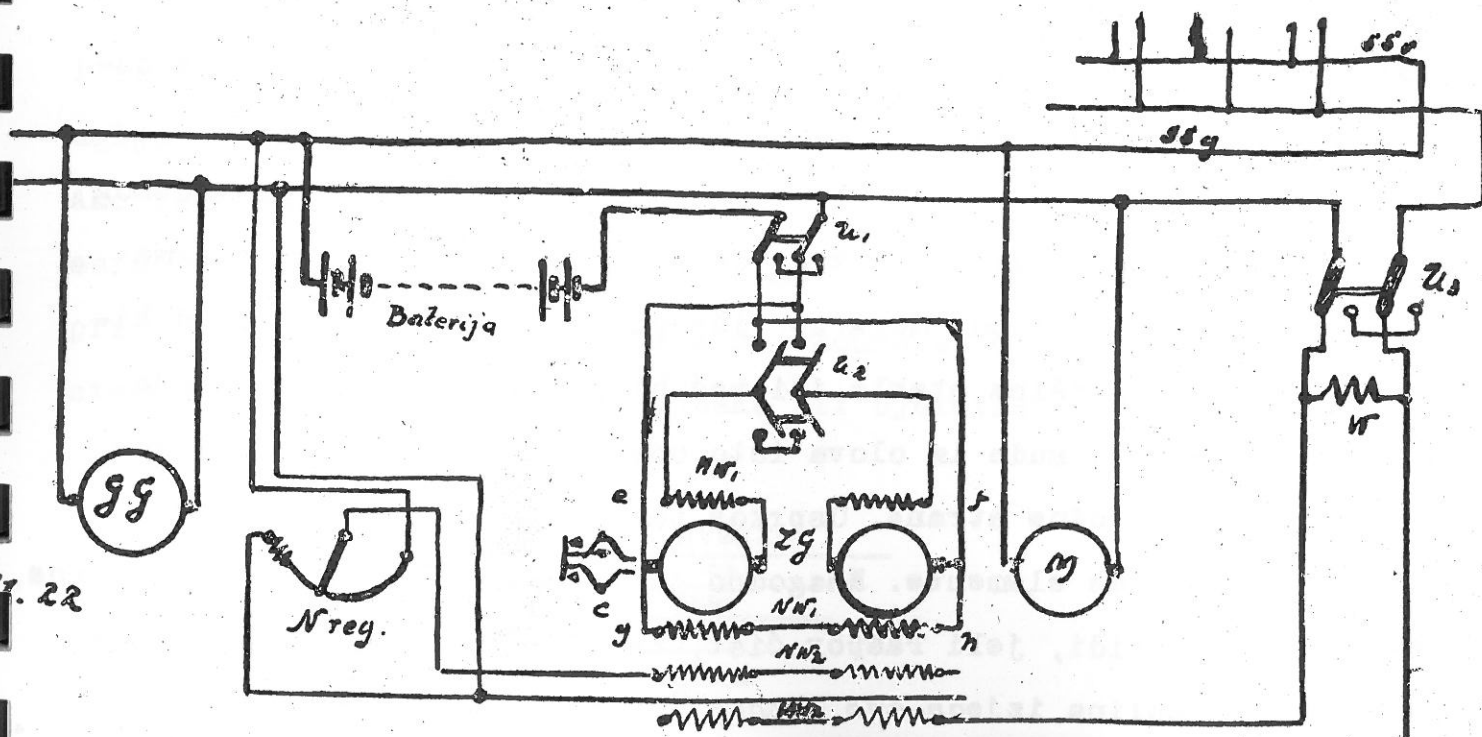


Slika 21.

U točci " d " djeluje samo poredni namotaj :  $NW$  . Prolaženje napona uzbuđenja dodatnog stroja proizvedenog napona vidi se iz karakteristika. Kod izbijanja baterije pada napon baterije, prema tome također upliv porednog namotaja  $NW$  stroja uzbuđenja, Dodatni generator radi tada u tom smislu, da se baterija još jače izbija. Obrnuto raste kod nabijanja napon stezaljka baterije, polje namotaja  $NW$  postaje jače, dodatni stroj je prisiljen bateriju jače nabijati. Dodatni stroj i stroj za uzbuđenje imaju pomoćne polove. Za pogon Pirani agregata upotrebljava se ili poredni motor istmjerne struje ili asinhroni motor trofazne struje. Da se može dodatni stroj iskoristiti također i za pre nabijanje izvrši se ga obično sa namotajem za dva kolektora , koje po potrebi spojimo ili paralelno ili u seriju.

c. / Lancashire-ov dodatni stroj.

I taj stroj dolazi često u praksi. Slika 22 prikazuje spoj. Dodatni stroj  $ZG$  ima osim porednog i glavnog namotaja /  $NW_2$  i  $HW_2$  / još još dva namotaja /  $NW_1$  i  $HW_1$  / . Jedan od ovih : " gh " leži paralelno sa keficama stroja, a drugoga " ef " hrani struja baterije. Djelovanje je slijedeće: Izbijanjem pada napon baterije, pa se poveća razlika napetosti medju točkama A i B. Time nastane djelovanje namotaja gh, veće, pa se dodatni napon uzvisi.





Namotaj " ef " kroz kojega teče struja baterije, djeluje na suprotnom smjeru namotaja " gh " , te tvori za " ef " potrebno ogušenje. Pomoću ovakovog stroja može se i bez hitnog regulatora regulirati na  $\pm 2\%$  za krug generatora, i na  $\pm 0,5\%$  za napon sabirača. Konstrukcija je stroja radi ova 4 namotaja, koji traže mnogo prostora i veliku težinu bakra nezgodna i skupa. Također i ovaj stroj rabi se zbog prenabijanja akumulatora sa dva kolektora.

### 8. / Sastavljanje baterija.

Da se poveća kapaciteta, uzme se obično manji ili veći broj pozitivnih i negativnih ploča, koje se spoje međusobno poredno, te zajedno umetnu u odgovarajuću posudu. Pojedine + ploče postavljaju se uz pojedine negativne. Vanjske ploče su uvijek negativne, da se u prvom redu sasvim iskoristi površina pozitivnih ploča, a u drugu ruku zato, da se prepržeći savijanje pozitivnih ploča, što bi se moglo dogoditi; ako je ploča jednoliko - jednostrano podvrgnuta djelovanju struje.

Negativne ploče nemaju ovo neugodno svojstvo. Svaki element ima jednu negativnu ploču više, nego pozitivnih.

Glavni je uvjet dobra izolacija pojedinih ploča suprotnog predznaka. Udaljenost ploča mora biti otprilike 80 mm., da nemože ispala aktivna masa napraviti kratki spoj. I međusobna udaljenost pojedinih ploča mora biti dovoljna. Za tu se svrhu upotrebljavaju ili cjevi iz stakla, ili već sama posuda imade izdanke, koji ne dozvoljavaju premale udaljenost.

Posude su iz stakla, tvrdoga olova, s olovom prevučenog drva, tvrde gume celuloida i.t.d. Leže li ploče svojim izbočinama na staklu, i to na rubu, mora se više puta rub očistiti, jer od kiseline vlažna površina stakla ili već bilo čega dobro vodi struju.

Sve posude iz olova isto one iz drva presvučene olovom imadu razne neugodne strane. Usprkos tome mora ih se često uzeti, osobito za velike elemente. Nezgodno je i to, što su posude neprozirne, tako da se ne vidi, jeli raspor čist, te nije li previše <sup>aktivne</sup> mase ispalo. Osim toga kiselina izjeda ove posude, ma da su iz čistoga olova, a

bojadisanje smolom ne pomaže.

Ako se baterija sastavlja iz više pojedinih elemenata, postavi se svaki element na osobite noge iz porcelana. U slici 24 je u žlijebu ulje, tako da vlaga ne može da načini spoj.

Prostor za bateriju mora biti suh, svjetao, nesmiije biti prašan, a ugodna je jednolika niska temperatura.

Nadalje mora biti prostor dosta velik, tako da se može svaki element ako je potrebno pregledati. Plin kiseline koji se stvori na kraju nabijanja, odstrahi se dobrom ventilacijom, a ako je potrebno i ventilatorom, kojega moramo dobro nama- zati šabojem ili uljem, da plin sa para-

ma kiseline nebi štetno djelovao na željezo.

Kod nabijanja stvori se praskavi plin, stoga mora biti zabranjena svaka otvorena vatra. Dozvoljene su samo žarulje. Sprave za kontrolu, instrumenti za mjerenje i. t. d. nesmiju se postaviti u prostor akumlatora, jer bi ih plinovi u kratko vrijeme uništili. Spojne žice su bez izolacije na izolatorima iz porcelana.

Težina baterije je velika. Zbog toga potreban je dobar i siguran temelj. Da se zaštiti pod uzme se vruću paklinu kamenog uglja /nikada iz drva /, na koji se natrese pjesak / bjelutak / Ako temperatura prostora nije prevelika, može se uzeti i Trinidad asfalt i natresti, pjesak. Pijesak mora biti čist, t. j. mora se ga prije uporabe dobro oprati. Za 1 m računava se od prilike 18 kg. 61- stoga Trimidasfalta i 63 kg. pjeska ili bjelutka.

Konac II. svezka.



Sl. 23

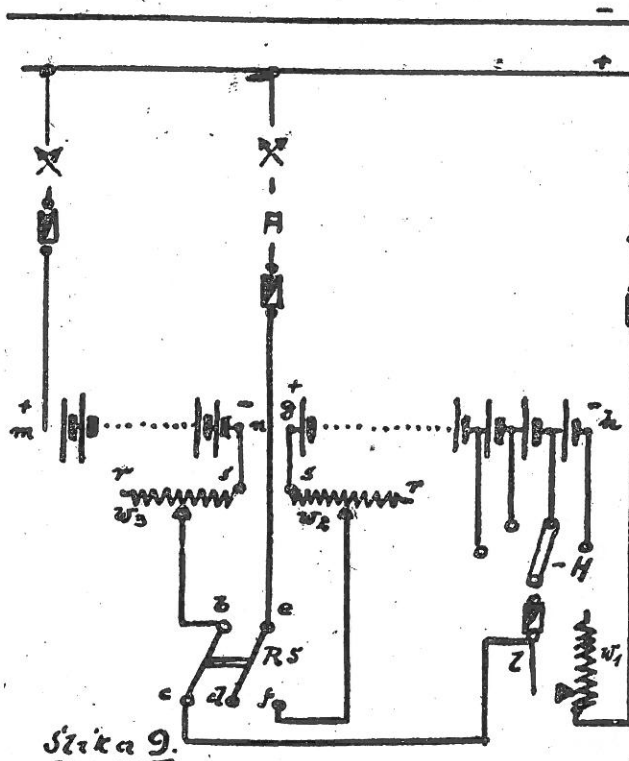
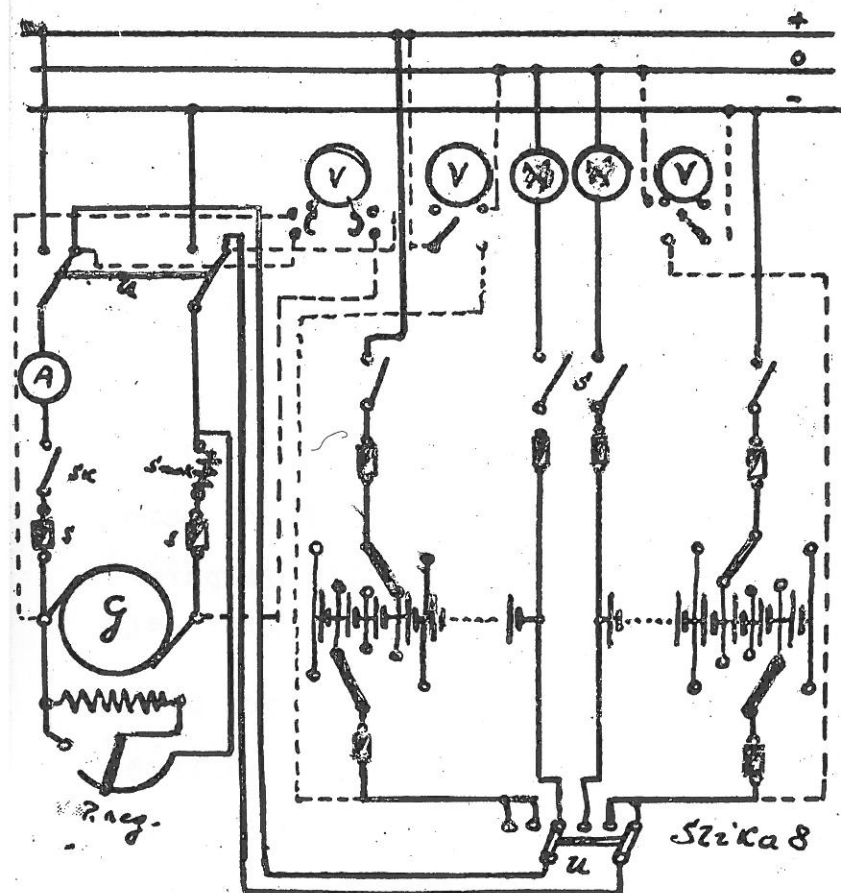


Sl. 24

Taj spoj nije tako ugodan kao prijašnji. Dvostruki se upravljač položi na unutarnje krajeve baterije, kada je srednji vod spojen sa zemljom, jer je radi malenog napona moguća dobra izolacija.

#### 4. / Paralelni spoj za baterije sa serijskim upravljačem

##### Nabijanje baterije u polovicama.



Normalni stroj nije u stanju, da daje za nabijanje akumulatora potrebno uzvisivanje napona. Tada se ako se neće ili nemože uzeti dodatni stroj, mora napetost baterije sviti na taj način, da je pomoću serijskog upravljača razdjelimo na dvije polovice, koje se kod nabijanja spoje paralelno. Struja za nabijanje je naravno dvostruka, ali je napetost niža reducirana na polovicu. Za uništenje nepotrebnog napona upotrebljavaju se otpori. Kod početka nabijanja mora otpor uništiti / 60 elemenata 2 baterije a 30 R1

$$U = 110 \text{ Volta} / 110 - 30 \times 2,1 = 47 \text{ Volta, a na kraju nabijanja:}$$

$$110 - 30 \times 2,7 = 27,5 \text{ Volta}$$

Ako je jakost struje n. pr, 50 Amp onda je u početku potrebnii otpor  $R = 47/50 = 0,94 \Omega$  a na kraju nabijanja

$$R = \frac{27,5}{50} = 0,55 \Omega .$$

Elementi upravljanja leže samo na jednom kraju baterije a jer dolaze u obzir kod izbijanja. dostatan je mali broj za izjednačenje. Slika pokazuje spoj. Struja generatora teče k serijskom upravljaču RS preko "d" k pozitivnom polu desne baterije, preko: g, h, H k točki "l"; drugi dio struje ulazi kod točke "m" u lijevu bateriju, teče preko n, b, c, k točki "l" gdje se združuje sa prvim dijelom, a onda preko "p" u negativni sabirač. U združenom odvodu leži otpor  $W_1$ , kojeg smo prije izračunali, te koji uništava nepotrebnii napon. Od toga je otpora ovisna jakost struje. U krugu lijeve baterije leži otpor  $W_3$ , a u krugu desne  $W_2$ . Ovi otpori služe za izjednačenje struje u obim polovicama, tako da su jednake i konstantne. Polovica, koja ima priključene elemente upravljanja ima u početku nabijanja viši napon, nego ona druga, jer zadnji elementi nisu sasvim izbiti. Prema tome mora krug lijeve polovice ukopćati otpor. Poluga toga otpora leži na kontaktu "r".  $w_2$  je u početku kratko spojen - poluga leži na kontaktu "s". Za vrijeme nabijanja mora se na desnoj strani nabite elemente postepeno iskopćati, napon pada, a na lijevoj strani miče se poluga " $w_3$ " prema "s" dok ne dolazi do kratkog spoja. Poluga pak otpora " $w_2$ " miče se prema r da napon obiju polovica ostane jednak. Na kraju nabijanja imamo na desnoj strani manje elemenata, jer smo elemente upravljanja iskopćali, a zbog toga je otpor  $w_2$  na desnoj strani potreban.

Za vrijeme nabijanja može biti i mreža ukopćana. Želimo li paralelni spoj, preložimo upravljač RS na desnu stranu, tako da spojimo "b" i "d", te iskopćamo "e" i "c". Time smo spojili obje polovice u seriju, tako da možemo bateriju priključiti poredno na mrežu. Iskopćamo li stroj, hrani mrežu samo baterija, otpori  $w_1$ ,  $w_2$  i  $w_3$  su kratko spojeni, a regulaciju preuzima upravljač H.

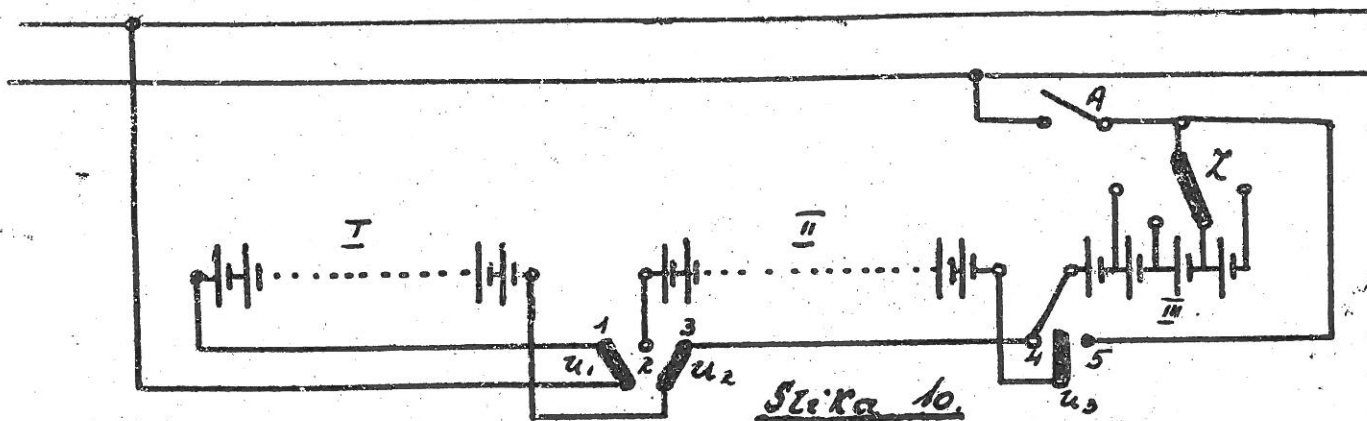
### 5./ Nabijanje u odjelima.

Hoćemo li izbjeći neugodnim stranama paralelnog spoja

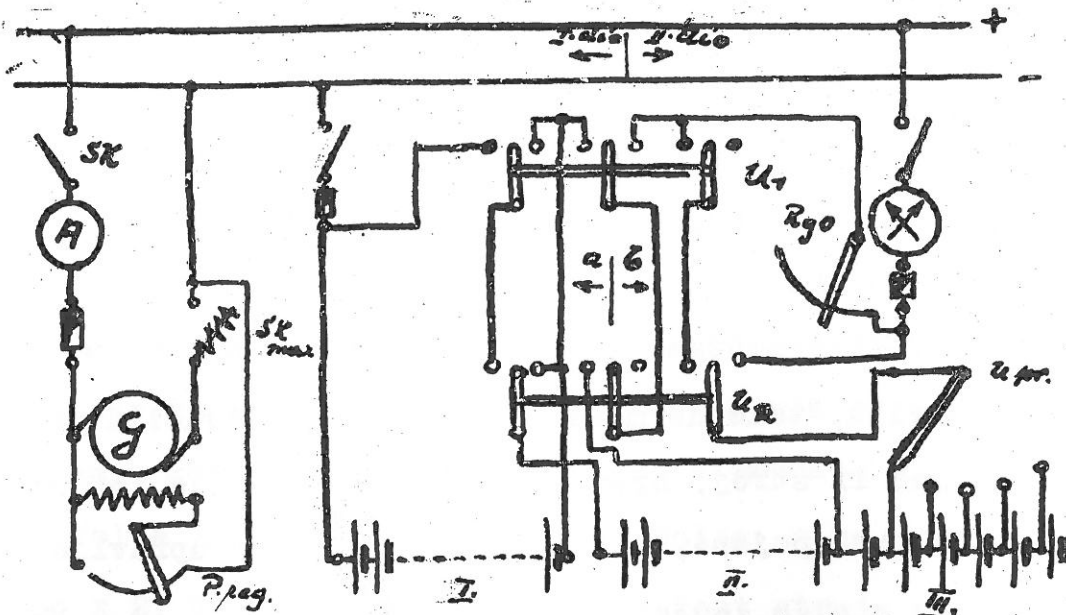
pojedinih djelova baterija, a da nije potrebno uzvisiti napetost generatora preko normalne granice / napetost mreže/, nabijamo bateriju u pojedinim odjelima. U tu svrhu razdjelimo bateriju u 3 dijela istoga broja elemenata. Za nabijanje spoje se uvijek dva djela u seriju: n. pr. 1 i 2, onda 2 i 3 te konačno 3 i 1.

Nabija se u svakom slučaju isto vrijeme sa istom jačinom struje tako da svaki odio dobije isti broj amper sati. Za izbijanje spoje se sva 3 dijela baterije u seriju. Nabija se maksimalno do 2,7 Volta po elementu - dakle izlazi da je najveća potrebna napetost / ako se "n" naznačimo totalni broj elemenata /:  $\frac{2}{3} n \times 2,7 = 1,8 n$

1,8 n = V je baš tačan napon mreže, jer baterija mora na kraju izbijanja / dakle kada svaki element ima 1,8 Volta / davati još puni napon mreže, tako da vrijedi:  $V = 1,8 n$ . Shema spoja je prikazana na slici 10

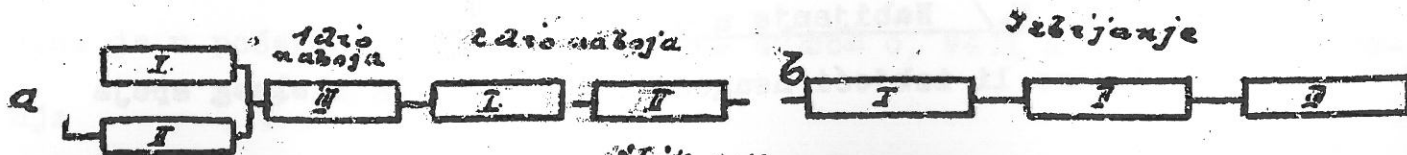


Slika 10.



Slika 11.

Mica - spoj.



Želimo li nabiti I i II . položi se  $U_1$  na : 1;  $U_2$  na : 2;  $U_3$  na : 5.

Za nabijanje I i III. položi se  $U_1$  na : 1  $U_2$  na : 3  $U_3$  na :  $\frac{1}{2}$

Za nabijanje II i III. položi se  $U_1$  na : 2  $U_2$  na :  $\frac{1}{2}$   $U_3$  na : 4

Za izbijanje spoje se odjeli u seriju pa se prema tome položi  $U_1$  na : 1;  $U_2$  na : 2;  $U_3$  na : 4 , a poluga A se zatvori.

Napon za izbijanje regulira upravljač : Z.

Slično radi i Mica-spoj, samo je razlika u tome , da se ovdje nabija 2 djela paralelno, a treći u seriji te konačno u seriji ona 2 dijela koja su prije bila paralelno spojena. *Slika 41.*

### 6. / Uporaba protivno ukopćanih elemenata

#### / Gegenschaltung. /

Broj elemenata za upravljanje može se umanjiti, ako se upotrebljava protivno ukopćane elemente. Moraju li za vrijeme nabijanja žarulje svijetliti, onda je spoj sljedeći: Struja za nabijanje teče kroz bateriju osim elemenata za upravljanje. Na stezaljke generatora priključena je također mreža. U taj krug može se po potrebi ukopćati element za upravljanje. Za vrijeme nabijanja ukopćaju se svi elementi na stroj , tako da je njihova elektromotorna sila protivna el. m. sili stroja. Spoji se dakle + pol stroja sa + polom elemenata. Na negativni pol zadnjeg elementa, te negativni pol stroja prikopćana je mreža. Na taj način se suptrahira el. motorna sila elemenata od el. m. sile stroja, tako da ima napon stroja odgovarajuću visinu i ako mora stroj davati nešto veću napetost za nabijanje baterije. Ukopćane elemente upravljanja *protječe* kod toga struja tako , da ih nabija. Na kraju nabijanja glavne baterije imademo sve elemente upravljanja ukopćane, svaki element bio je nešto nabiti a najmanje zadnji.

Kod izbijanja prikljući se postepeno elemente u krug glavne baterije, ali sada tako da se naponi adiraju, kao što smo imali i sada. Broj " Z " potrebnih elemenata za upravljanje izračuna se pod pretpostavkom, da je napon stezaljka ukopćanih elemenata za upravljanje isti, kao napon elemenata baterije. Označimo li sa " z "

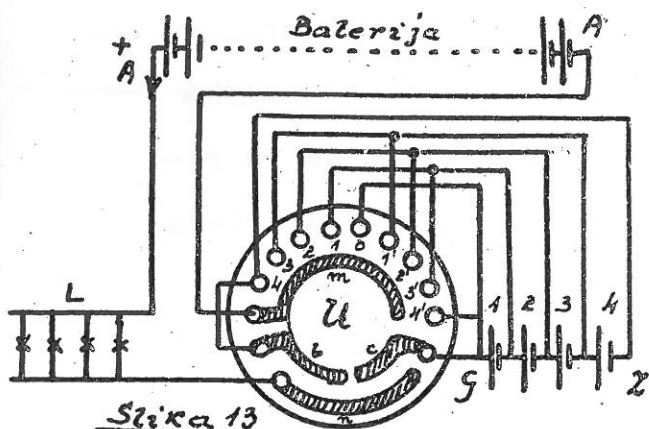
broj svih elemenata,  $V$  napon mreža, onda imademo:

$$V = 1,8n \quad V = 2,7(n-2x) \quad \text{dakle: } 1,8n = 2,7(n-2x)$$

$$x = \frac{2,7 - 1,8 \cdot n}{2,7} = \frac{1}{6}n$$

Broj elemenata je u tom slučaju polovica od onog broja, što smo ga imali prije  $\frac{1}{3}$ .

Naravno, da se ovaj sistem sa jednostavnim upravljačem za čisti paralelni spoj može samo onda uporabiti, ako je vrijeme nabijanja baterije jakost struje u mreži dostatna, da nabije elemente upravljanja. Ako je to nemoguće postići, mora se uzeti dvostruki upravljač, koji omogućuje u početku nabijanja nabiti također elemente upravljanja, a njih se onda postepeno prema potrebi ukapća protivno generatoru u krug mreže. Shemu spoja po Veigt i Hanffneru prikazuje slika.



A - A je glavna baterija, GZ su elementi za upravljanje, L su žarulje u mreži, a U je upravljač. Osim normalnih kontakata  $1 \div 4$  i  $1' \div 4'$  imademo još kontakte m - m; n - n; te " b " i " c ". Poluge koje bruse po ovim kontaktima su međusobno ukočeno spojene, tako da se zajedno miću. Ove poluge spoje uvijek kontakt m - m sa jednim kontaktom elemen-

ta, te kontakt n - n sa " b " ili sa " c ". U svim položajevima poluge u kojima je spojen kontakt n - n sa " c ", također je spojen kontakt m - m sa jednim kontaktom  $4 \div 1$ . Tada su 4. 3. 2. ili 1. element/protivno ukopćani, a u položaju  $\Phi$  su svi elementi iskopćani. Delazimo li na kontakt  $1'$  - to poluga prelazi na kontakt " b ", te time spoji jedan element u aditivnom smeru. U položaju  $2'$  prikopćaju se bateriji elementi 1 i 2 - i. t. d. Jer se ovdje ima mogućnost 4 elementaili u jednom ili u drugom smjeru dodati- jeste promjena  $2 \times 8$  Volta. Rezultat je prema tome isti, kao da se uzme dva puta toliko elem. za normalno upravljanje.

## 7. / Elastične baterije.

U pogonima konstantnom promjenom tereta, momentanim jakim promjenama nemože se ni sa brzim regulatorom uzdržavati povoljni pogon. Ovdje se mora regulator ili kompaundirati, ili dati strojevima dodatne mase, ili trajno prikopćati bateriju akumulatora - t. zv. elastičnu bateriju.

Najvažnija zadaća je ove baterije, da štiti generatore od jakih udara struje, te preuzeti na se izjednačenje tereta tako, da dobavlja energiju kada teret naraste preko normalne vrijednosti /izbijanje /, odnosno da prima djelovanje stroja, ako teret padne pod normalnu vrijednost  $\times$  nabijanje /. Danas se najviše rabe specijalni dodatni strojevi, koji normalno dovedu bateriju do do potrebnog djelovanja na taj način, da - spojeni sa baterijom u seriju - proizvode potrebnu razliku napona između baterije i sabirača. Za spoj ovih dodatnih elastičnih strojeva ima dvije metode - i to: Uzbudjivanje priključeno na sabirač ili bateriju. Prvi spoj je ugodniji, jer se može držati napon sabirača kod udara konstantnim. U drugom slučaju mora se napon sabirača promijeniti, da dodje elastični stroj i baterija do djelovanja. Konačno je djelovanje baterije ovisno o vanjskoj karakteristici stroja, t. j. glavnog generatora, koji moraju kod preopterećenja imati dostatno otpadanje napetosti.

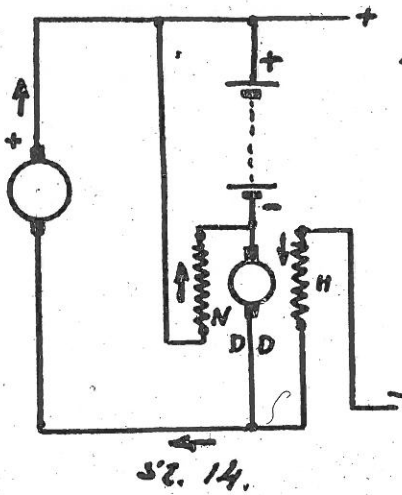
### Principi.

Visoka cijena u razmjeru sa strojem ima za posljedicu da se više puta uzmu elementi ove elastične baterije manje veličine nego što je to potrebne. A da se i u tom slučaju dobije dostatno elastično djelovanje, spoji se u krug baterije još jedan generator, koji je tako spojen, da se kod jakog opterećenja od generatora proizvedena napetost adira, djelovanju akumulatora, kod malenog opterećenja suptrahira. Time se postizava to, da u prvom slučaju baterija dobavlja jaću struju - a u drugom slučaju da baterija prima jaću struju, nego, onda kada nema stroja. Dakle se elasticiteta povećala.

Najjednostavniji način spoja je taj, da se armatura po-

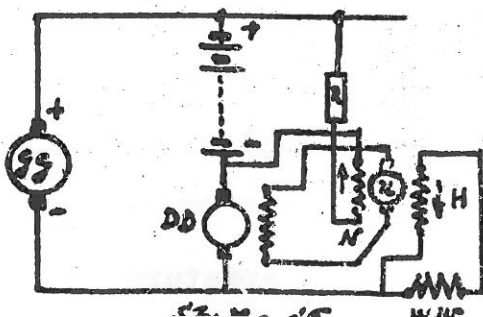


mećnog stroja, koji se okreće konstantnim brojem okreta, spoji u seriju sa baterijom.



Magnetima stroja daje se dva namotaja, jedno- ga hrani baterija a drugoga glavna struja mre- že. Slika prikazuje Shemu spoja. Struja uzbu- djenja  $N$  promjeni se veoma malo, samo toliko, koliko to odgovara promjeni napona baterije. Struja  $H$  oscilira nad i pod normalnom jakošću struje. Namotaji su tako spojeni da djeluju suprotno- prema tome je rezultirajuće djelo- vanje jednake diferenciji. Broj zavoja je ta- ko odabran, da je za srednju normalnu vrije-

dnost struje u mreži / dakle za neku normalnu vrednost struje  $H$  / diferencija raznih ampersavoja jednaka nuli. U tom dakle normalnom stanju stroj ne daje struju, a kako je EMS baterija jednaka naponu stezaljka normalno opterećenog glavnog generatora, to baterija nema struje. Raste li struja u mreži onda nadmaši uzbuđenje  $H$ , a time proizvedena napetost dodatnog stroja ima takav smer, da se adira k naponu baterije. Baterija daje struju u mrežu, jer je EMS baterija veće nego napon mreže. Otpor armature je dodatnog stroja nezna- tan, tako da sada baterija daje više struje u mrežu, nego bez stroja. Padne li struja  $H$  ispod normalne vrijednosti, nadmaše amperza- voji  $N$ , a napon stroja se suptrahira od napetosti baterije. Time je napon mreže nadmašio napetost baterije, pa struja teče u ba- teriju i to opet u većem iznesu nego bez stroja. Dodatni stroj ko- ji promjeni smjer napona djeluje dakle isto tako, kao baterija sa velikim elementima. Čitavi otpor kruga baterije postao je nešto ve- ći, ali je također i razlika voltaže veća:  $E - K$  odnosno  $K - E$ .

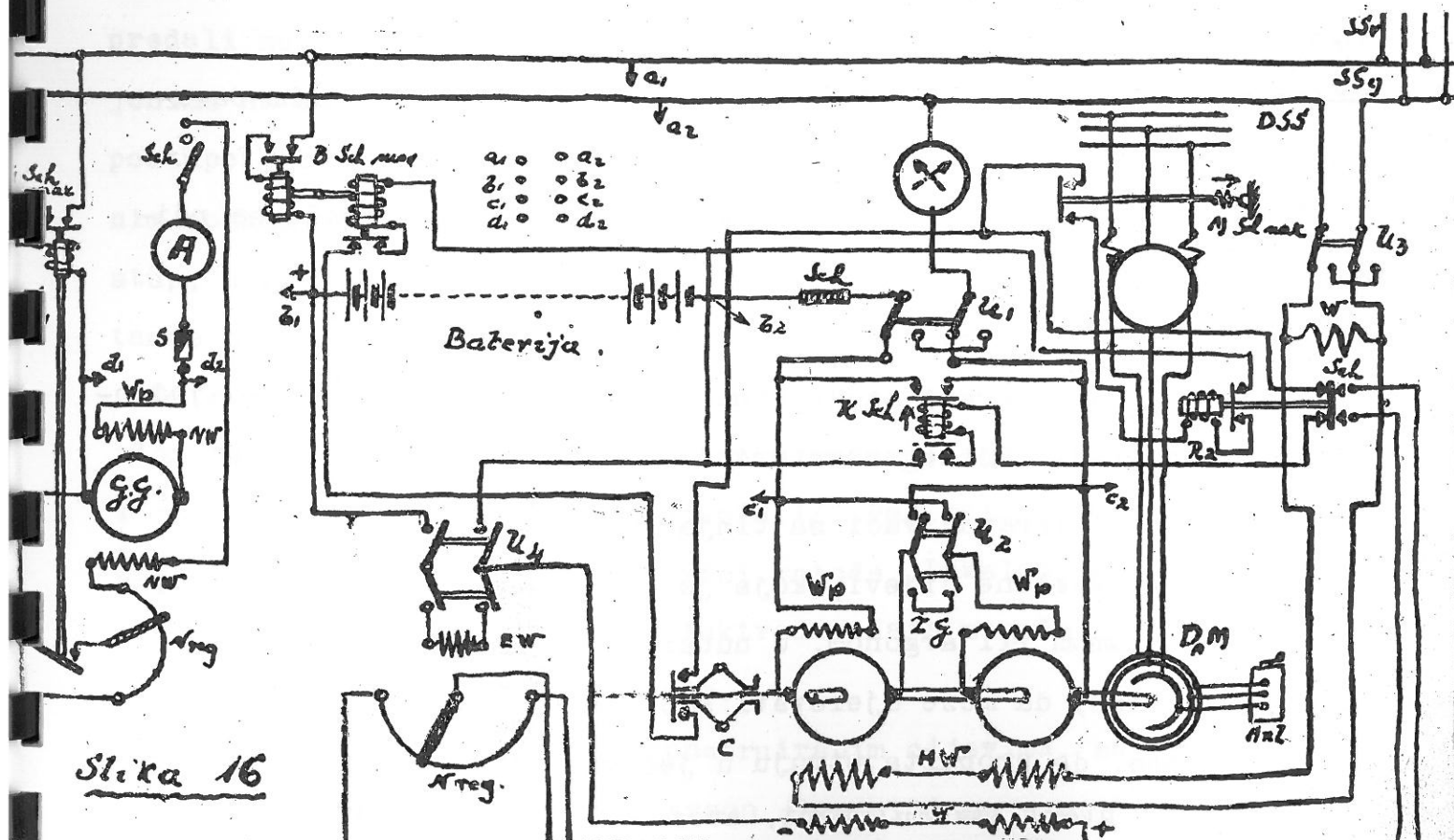


Jer pada napon baterije izbijanjem, to namotaj  $N$  dobiva postepeno manju struju, a jer to djeluje u povoljnom smislu- to pad napetosti baterije nije neugodan.

"Pirani" je ovaj stroj i popravio i te u tome smislu, da je namjesto stroja sa dvostrukim namotajem uzee osebiti stroj za uzbudjivanje. Taj stroj za uzbudjenje je obični generator sa nezavisnim uzbudjivanjem i te u jednom ili u drugom smjeru. Mjere toga stroja su malene n. pr. za dodatni stroj od 100 Kw je dostatan stroj uzbudjivanja od 2 Kw. I sada ovaj maleni stroj dobije dvostruki namotaj. Da konačno nije potrebno pustiti čitavu struju kroz glavni namotaj: H toga stroja uzme se pomoćni shēnt, kako je to prikazano na slici. <sup>15</sup>Ako se otpor W W pravilno odabere može se postići, da kroz H teče samo jedna desetina glavne struje. Stroj za uzbudjenje je obično ukočeno ukopčan sa dodatnim strojem.

a./Ddatni stroj sa porednim i protukompaundnim namotajem.

<sup>16</sup>Slika prikazuje totalnu shemu spoja takovog uređaja / Őrlikon / . Armatura dodatnog stroja leži u seriji sa baterijom. Poredni namotaj N W dodatnog stroja Z G priključen je neposredno na bateriju, a glavni namotaj H W na mrežu, sa predno ukopčanim otporom W. Omotka H W djeluje na suprot omotki N W . Ako je n. pr. teret u mreži jednak nuli, dolazi do djelovanja samo N W, dodatni stroj daje toliki napom , da imamo nabijanje baterije.



Slika 16



## I. Sprave za nabijanje, pretvarači.

Da se može akumulator nabijati ako se ima samo izmjeničnu struju na raspoloženje imamo različite sprave, koje omogućavaju pretvaranje izmjenične struje u istosmjernu struju. Ali ne samo za nabijanje pojedinih elemenata ili manjih i većih baterija dolaze ove sprave u obzir, nego ih se može upotrebiti i direktno, to jest namjesto akumulatora, ako odgovara oblik struje, što ga daju ovi pretvarači, svrsi.

Pretvarači se temelje na tome, da obrnu izmjenični smjer pojedinih impulza - sl.1. - u zajednički smjer

- sl.2. - ili da unište jednoga od ovih izmjeničnih impulza - sl.3.-

Pretvarače, koje se može upotrebiti za ove svrhe možemo razdijeliti u

1./ Pretvarači ili izravnjivači s tinjavim svijetlom za veoma slabe struje

2./ Izravnjivače s užarenom katodom

3./ Izravnjivače sa živinim parama

4./ Mehanične izravnjivače sa njihom

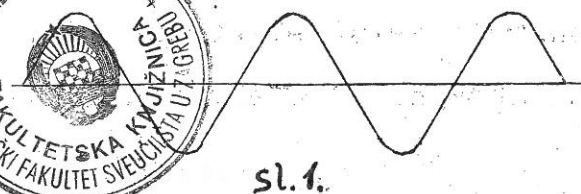
halom

5./ Elektrolitične izravnjivače.

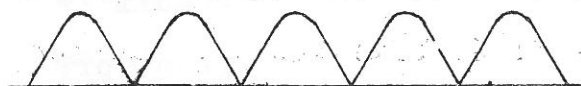
Strojeve, koji pretvaraju izmjeničnu struju u istosmjernu, kao jednoarmaturni pretvarači, motorgeneratori i t. d. vidi "jaka struja".

1./ Izravnjivači sa tinjavim svijetlom.

Sastoje se iz staklene cijevi, koja je napunjena do izvjesnog tlaka sa neonom, heliumom ili argonom. U nutarnjosti ima cijev elektrode različite površine, da može djelovati kao ventil. Ovo djelovanje sastoji se u tome, da propušta struju u jednome smjeru, ali u drugome



sl.1.



sl.2.

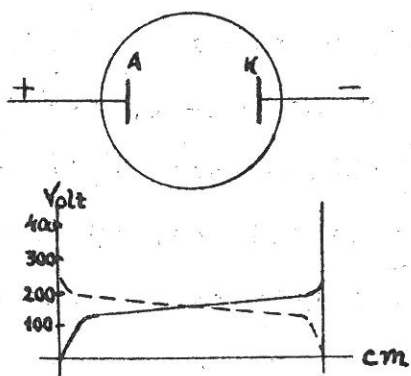


sl.3.

ne; jakost ove struje nije konstantna.

Zamislamo si cijev sa elektrodama iste površine i istog materijala. Elektrode predpostavimo iz željeza, cijev neka bude napunjena argonom od tlaka 1 mm. Sl. 4. prikazuje šematično ovu cijev.

Priključimo cijev na istosmjerni napon, teče struja, ako je napon dostatno visok. Ispod određene minimalne vrijednosti napona cijev ne propušta nikakove struje. Prolazak struje upozna se po tinjavom svijetlu. Pozitivno nabiti molekuli plina ili joni micaju se pod uplivom električnog polja napram katodi, o koju udare sa znatnom brzinom, prema tome i odgovarajućom kinetičkom energijom, koja se pretvori kod toga u toplinu. Na katodi imamo istodobno intramolekularno uzdrmanje ma-



sl. 4.

terijala katode kod razvitka topline koje prouzroči istup elektrona. Ovi elektroni, ubrzani od električnog polja, lete napram anodi. Na putu joniziraju udarcem neutralne molekule plina, koji će biti kod toga udarca cijepani u elektrone i pozitivno nabite jone. Ovim postupkom jonizacije

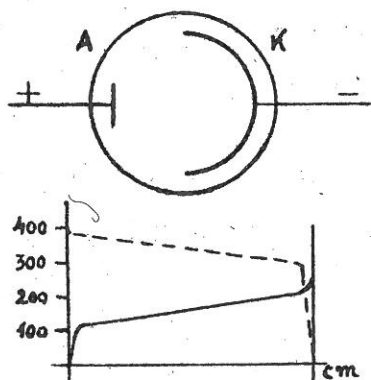
predali su elektroni čitavu svoju energiju, združe se sa pozitivnim jonima na koje nalete, opet u neutralne molekule plina. Ovi različni postupci, koji se neprestano ponavljaju, vrše se u prostorno udaljenim zonama čitavog puta. Prema tome ne vidi se nisprekidan žareći stup, nego prilično oštro odijeljene prostore, između kojih leže tamne neosvijetljene zone.

Potrošak energije vezan je u slučaju izbijanja tinjavim svijetlom pretežno na veoma malenu zonu u najvećoj blizini negativne elektrode t. j. pad katode /Kathodenfall/. Pad katode tvori dakle opadanje napona u neposrednoj blizini katode. Lokalno ograničenje opadanje napona pred negativnom elektrodom daje mogućnost u ovakvoj cijevi postići ventilno djelovanje.

U svima, za tehničke svrhe konstruiranim cijevima, sa prije navedenim plinom / neon, helium ili argon / temelji se ventilno djelovanje

na tome, da imaju elektrode različan pad katode. Ostale komponente iz kojih se sastoji totalno otpadanje imaju istu vrijednost za oba smjera struje.

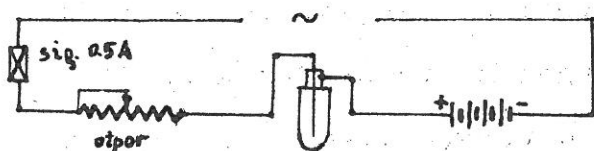
Obrnimo u cijevi smjer struje, priključimo ju dakle na izmjenični napon, dobićemo otpadanje u crti, koju smo točkama označili, te koje je jednako prvome otpadanju. Da postignemo ventilno djelovanje moramo



sl.5.

volta /.

Za zadani izmjenični napon je prema tome jakost struje u ovom smjeru bitno manja nego u polovici periode, u kojoj tvori negativni pol velika elektroda. Cijev djeluje sada kao ventil.



sl.6.

Šematični spoj prikazuje sl.6. Otporom se nastavi najugodnije djelovanje. Otpor  $\sim 300 \Omega$ .

Hoće li se jače struje spoji se do tri cijevi paralelno. Svaku cijev mora se onda sa otporom narađnati na najveće djelovanje. Stepjen djelovanja približno 8-10 %.

## 2/. Izravnjivač s užarenom katodom.

/: Princip Wehnelt / Upotrebljiv za bitno jače struje.

Katoda sl.7. sastoji se iz voda K / kovina, koja prenaša visoke temperature /, koji je u što boljem doticaju sa aktivnom naslagom oksida O. Metalni vod dobiva struju, potrebnu za žarenje, iz trećeg namo-

upotrebiti elektrode različne veličine, ali iz istoga materijala. Onda vredi sl.5. Jedna je elektroda bitno manja od druge. Totalno otpadanje naraste, jer naraste normalni pad katode manje elektrode, ako spojimo negativni pol sa manjom elektrodom. Hoćemo li u tom slučaju imati istu struju moramo napon povišiti / približno do 400

Izravnjivač sa tinjavim svijetlom može se upotrebiti samo za veoma slabe struje. Kod 220 Volt daje približno 0.2 Amp pro cijev.

taja H transformatora sl. 8. Žarenje voda k prouzroči intenzivnu emisi-

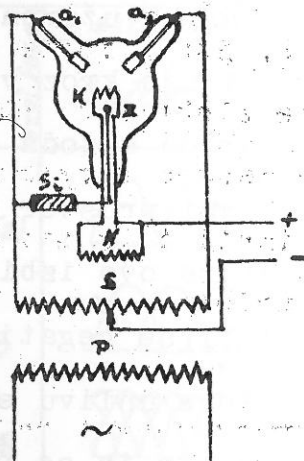


sl. 7.

ju elektrona iz aktivne naslage, te joniziranje prostora između katodom i anodama  $a_1$  te  $a_2$ .

Malena anoda Z za iniciranje, udešena je u blizini katode K te spojena preko visokog otpora  $S_i$  od  $\sim 10000 \Omega$  sa anodom  $a_1$ . Plin, kojim je izravnjivač napunjen, je argon.

Drugi namotaj S transformatora spojen je sa anodama  $a_1$



sl. 8.

te  $a_2$ , srednja tačka daje negativni, katoda pozitivni pol istosmjerne struje. Kod ove se sprave iskoristi obe polovice svake periode sl. 9.

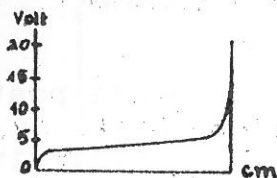
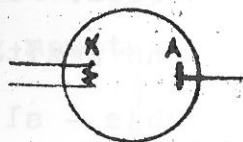
Iz sl. 10. poznamo da je pad katode samo 3 volta. Glavni dio otpadanja tvori pad anode, tj.  $\sim 12$  Volt, totalno otpadanje prema tome  $\sim 17$  Volt.

Po ovom sistemu ima se izravnjivače za struje od 1 - 20 A, te za istosmjerne napone : 20, 35, 60, 85 te 110 Volt.

Jer je izravnjivač, po sistemu Wehnelt, napunjen sa argonom otpadanje je od 15 - 20 Volt neovisno o teretu i temperaturi, tako da raste stepen djelovanja sa naponom istosmjerne struje. da se dobije što ravniji prolazak istosmjerne struje ukapča se u krug pritomljač. Onda se dobije kod napona na istosmjernoj strani od  $\sim 200$  Volt stepen



sl. 9.

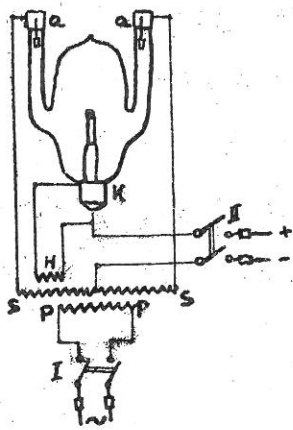


sl. 10.

djelovanja od  $\sim 90\%$ . Za grijanje katode troši se 40-50 vata.

Za radio svrhe, gdje treba visoki napon istosmjerne struje, ovi su pretvarači veoma sposobni. Punjeni su sa argonom, te konstruirani bez ili sa ventilom za regeneraciju. Napravi se ih do 10000 Volt sa teretom na istosmjernoj strani od 1 Amp. Sl. 11. prikazuje šemu spoja.

Krajnje točke transformatora visokog napona - sek. strana - SS spojene su sa anodama. Napon anoda mora biti nešto viši nego dvostruki napon istosmjerne strane na pr. 7000 Volt

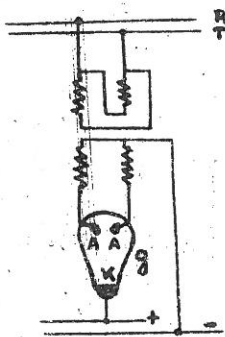


sl. 11.

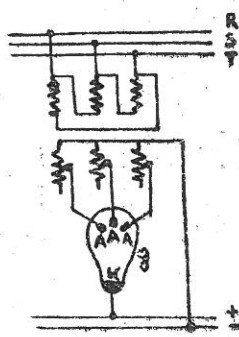
za 3000 istosmjerne struje. Grijanje katoda K postigne se ili putem akumulatora / 8 - 10 A / ili putem 3. namotaja transformatora H.

3./ Izmjenjivač sa živinim parama.

Vidili smo kod izravnjivača sa užarenom katodom, da je prolazak struje kroz vakuum samo moguć, jer izbija žareća katoda elektrone. Zrakoprazni prostor G,



sl. 12.



sl. 13.

sl. 12, 13 podupire ovo izbijanje. Podvrgne li se negativno nabite dijelove uplivu električnog polja, može ih se prisiliti do uređenog puta i to ako se udesi nasuprot žarećemu tijelu, katodi, nežareću anodu.





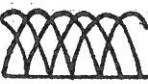

Udarac struje slijedi samo onda, ako je anoda pozitivno nabita. Jer imamo izmjeničnu struju, dobivamo prema tome samo periodično pozitivni naboj. Imamo li trofaznu struju možemo naravnati 3 anode - sl. 13. - te iskoristiti tri faze.

Kod izravnjivača sa živinom parom tvori katodu živa. Žarenje postigne se upalivanjem. Struja, koja onda prolazi tvori na površini žive nemirnu veoma svijetlu mrlju, mrlju katode / Kathodénfleck / od  $\sim 3000^{\circ}$  C, koja izbija potrebne elektrone. Električni luk ispariva živu, koja se opet kondenzira na staklenoj površini kutije te vraća katodi. Istodobno ima živina para ugodno svojstvo, otpadanja napona u izravnjivaču bitno umanjiti. Struja, koju dobavlja izravnjivač ima oblik vala.

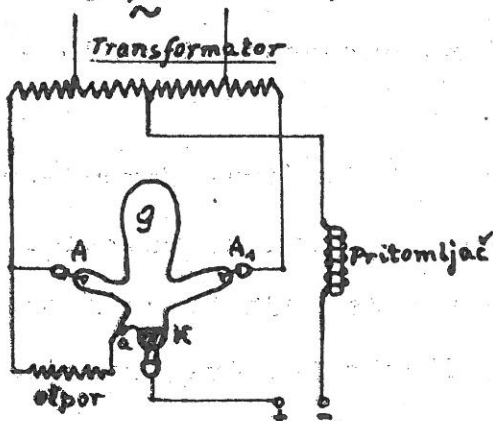
Kod manjih pretvarača upotrebi se redovito 2 faze, kod velikih po-

najviše 6. Slijedeća tabela daje nam dotične vrijednosti za različiti broj upotrebljenih faza. Ima li krug istosmjerne struje induktivne otpore, biće sitno njihanje jakosti struje ugušeno. Imamo li pretvarače za jednu fazu, moramo u krug istosmjerne struje ukopčati pritomljač da se nešto izjednači val, što ga daje izravnjivač.

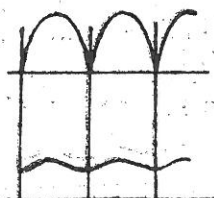
Iz tabele se pozna, da je, već kod razmjerno malo faza, efektivna vrijednost jednaka srednjoj. Načrtan je dalje i oblik struje za ano-

Broj faza	Istosmjerna struja				Struja anode			Razmjeri		
	Oblik.	Maks. vrijednost.	efekt. vrijednost.	srednj. vrijednost.	Oblik.	Maks. vrijednost.	efekt. vrijednost.	sred. vrijednost.	Struja anode eff. = $C_i$	Ulapn. faza eff. = $C_e$
									Istosmjerna struja	Srednja vrijednost.
1(2)		1,00	0,71	0,64		1,00	0,50	0,32	0,785	1,110
3		1,00	0,84	0,83		1,00	0,49	0,28	0,587	0,855
6		1,00	0,95	0,95		1,00	0,39	0,16	0,409	0,740

du, te pojedine grane sekundarnog namotaja transformatora, koji dobavlja struju. Kratkotrajni teret pojedinih anoda vidi se tačno iz oblika, te se može i upoznati, da je djelovanje svake anode, odnosno svakog namotaja, tim kraće, čim se više faza odabere.



Sl. 14



c) 15

Pretvarači za jednofaznu struju imaju dvije anode A A u unutarnjosti staklene kutije / sl. 14./ G. Anode spojene su sa krajevima sekundarnog svitka transformatora, katoda iz žive spojena je, preko istosmjernog kruga te pritomljača, sa sredinom transformatora.

Pomoću zanjihanja kutije dovede se živu sa pomoćnom anodom u doticaj,



tako da nastane luk. Istosmjerna struja teče od katode K, k sredini transformatora, koji je spojen u štedljivom spoju. Polovice sekundarnog namotaja šalju izmjenice, po smijeru struje, struju k anodi, s kojom su spojeni. Transformator može se upotrebiti takodjer za umanjivanje izmjeničnog napona, ako to odgovara traženom naponu istosmjerne struje. Primitljiva istosmjerna struja pulzira - sl. 15. - Pomoću pritomljenja može se ovo pulziranje skoro sasvim odstraniti.

Upoznali smo kako u glavnom izgleda pretvarač. Da upoznamo kako ova sprava radi, njezine ugodne i neugodne, opasne strane i zaštitu, moramo početi sa fizikalničnim principom.

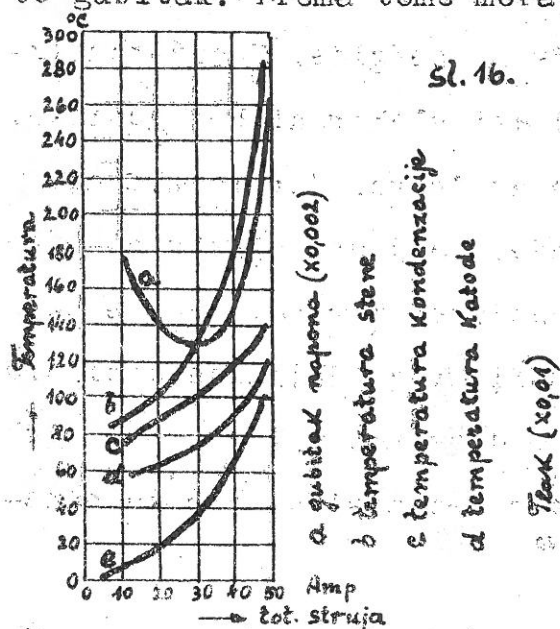
Za transportiranje električne struje imamo dva sredstva, elektrone te nabite atome ili molekule, koje zovemo jone. Elektroni imaju kod istog naboja nekoliko hiljada puta manju masu nego joni, njihova je i gibljivost više hiljada puta veća. Joni su razmjerno tromi. Za transport jačih struja mogu dakle doći uobzir samo elektroni. Za pretvaranje izmjenične struje u istosmjernu potreban je ventil za elektrone, t. j. sprava, koja propušta elektrone u jednome smjeru, a u drugom ne.

Struju elektrona možemo dobiti u vakuumu, u plinu te u kovini. Elektroni u vakuumu ili plinu mogu bez daljnjeg preći na kovinu, koja se nalazi u vakuumu ili plinu, u obrnutom smjeru ne. Prema tome se upotrebi mrzlu kovinu / t. j. kovina koja ima temperaturu ispod naj jačeg žarenja u plinu ili vakuumu. Dalje moramo imati spravu, koja ove elektrone, što imaju da prelaze iz plina ili vakuuma na kovinu, u plin ili vakuum spravi, a to sa najmanjim potroškom energije. U početku izgleda vakuum zgodniji, jer se mogu ovdje micati elektroni bez gubitka. Ali struja elektrona ima u vakuumu nezgodno svojstvo. Jer imamo onda naboje samo jednog predznaka, imamo odbijanje, to jest, elektroni, što su već u vakuumu protive se daljnjem dotjecanju elektrona. Ovaj efekt zovemo " naboj prostora " / raumladung /. Radi ovog odbijanja dobijemo samo onda jaču struju kroz vakuum, ako silom dovedemo uvijek nove elektrone. Potrebna je dakle visoka, već za 1 Amp bezsmislenu visoka nape-

tost.

Jer ne dolazi iz gornjeg razloga vakuum uobzir, odaberemo plin za našu kutiju. Ušli su elektroni u plin te postigli eventualno do stijenene. Stijena zaustavi te drži elektron i d obije na taj način negativni naboj. Radi ovog naboja privlači sada stijena i pozitivne jone na se, koji se združe sa elektronima na stijeni. Time se izgube dijelovi što nose struju. Tim brže moraju se micati ostali dijelovi, ako hoćemo imati istu struju. Postignu li ovi ostali elektroni brzinu od 4.68 Volt, počne para svijetliti. Ali još uvijek se izgube naboji na stijeni. Brzina raste dalje dok postigne napon jonizacije od 10.4 V. Onda nastaju novi joni i elektroni putem udara, dok ne dobijemo ravnotežje izgubljenih naboja na stijenama, te sa strujom novo proizvedenih naboja. Stijene uzvisuju dakle napon u luku i to tim više, čim bolje tijesno ga opkole. S obzirom na gubitke su ramena na strani, jer prouzroče otpadanje napona od 5 - 10 Volt. u ovisnosti od dužine ovih ramena. Ali ovaj gubitak mora se s obzirom na sigurnost prema natražnom upaljivanju dopustiti.

Već smo spomenuli, da mogu elektroni jonizirati i sa manjom brzinom nego 10.4 Volt, ako udare na Hg atome, kod kojih je zglob već raskliman. To će se tim češće dogoditi, čim je veća jakost struje. U ramenima trošeni napon pada prema tome ponajprije. Čim je veća struja tim je veće ugrijanje, tim veći tlak, tim veći broj udara sa Hg atomima, te gubitak. Prema tome mora rasti sa strujom i napon u ramenima.



Sl. 16.

Krivulja napona odgovara slici 16.

Raste struja, pada najprije napon, postigne minimum te raste odavle brzo. Uzrok ovom brzom porastu je medjusobno djelovanje u smjeru porasta ugrijanja i porasta tlaka.

Hladionicu mora se tako odmjeriti da dodijemo temperaturu, pripadajući tlak za puni teret, koji odgovara

minimalnoj struji. ramena na strani široka da su gubici maleni, iz kovine ili grafita, koja moraju ostati mrzla kao ventili, na dnu posude elektrodu iz žive za mrlju luka kao izvor elektrona. Onda mogu pozitivne struje teći samo od ventila k živi / u istinu teku negativne struje elektrona u suprotnom smjeru / a ne obrnuto, jer nemogu biti mrzle elektrode izvor elektrona, a jer su pozitivni joni pre tromi da bi doveli znatnu struju. Spoji se tri ventila sa točkama zvijezde, Hg elektrodu preko istosmjernog kruga sa središtem transformatora, i pretvarač je gotov. Da ga možemo metnuti u pogon udesimo još jednu malenu pomoćnu elektrodu, koja je sa jednom ventilnom elektrodom spojena preko tako određenog otpora, da teče struja od približno 2 Amp, ako zanjihanjem dodje do spoja katode sa pomoćnom elektrodom. Ukinu li se ovu struju nastaje iskra otvaranja, koja prouzroči luk. Tlak žive raste brzo sa temperaturom. Jer grije luk pretvarač, mora imati živina para dostatnu površinu za kondenzaciju, inače postane tlak previsok. Iz toga rezultira prilično voluminozna posuda.

Napravi li se sa ovom spravom nekoliko pokusa, vidi se da propuštaju ventilne elektrode od prilike struju u zabranjenom pravcu, što dovede transformator do veoma neugodnog kratkog spoja. To se prividno uvijek onda dogodi, ako iz žive silom istjerana para naleti na elektrodu. To se dogodi tim više puta čim je veći izravni izmjenični napon, te čim je više stranih plinova u izravnjivaču. Ove kratke spojeve zove se natražno upaljivanje / Rückzündung /.

Dalje se poznade da su gubici u luku veoma maleni, ako je živina para sasvim čista. Već najmanje količine stranih plinova povećavaju jako ove gubitke. Konačno se upozna, da sadržavaju, živa te ventilne elektrode iz željeza ili grafita, nevjerovatne količine stranih plinova, koje predaju samo kod jakog ugrijanja.

Iz ovih razloga udesi se ventilne elektrode u osobitim dijelovima, tako nemože para žive doći do njih. Dalje se sa svim sredstvima evakuira posude te putem ugrijanja do moguće granice istjera sve strane pare. Onda se zstvori hermetično kutiju.

a./ Katoda.

Počnimo sa izvorom elektrona, t.j. žive koja tvori katodu, pronadje-  
mo pokusom da je veličina mrlje luka na živi proporcionalna jakosti  
struje, i to  $2,5 \cdot 10^{-4}$  cm<sup>2</sup>/ Amp. Mrlja je dakle veoma malena i ako iz-  
gleda radi svijetlog žarenja mnogo veća. Svijetla mrlja miče se veli-  
kom brzinom neuredno na živi. Iz žive izbija velikom silom para / vre-  
lište žive za niski tlak  $\sim 100$ , temperatura mrlje  $\sim 3000$  C / tako da  
vladaju na ovoj mrlji sasvim instabilni turbulentni razmjeri. Množina  
Pare je također proporcionalna struji, te iznaša  $7,2 \cdot 10^{-3}$  g/ A sec.  
Neposredno nad katodom imamo strmo padanje potencijala za  $\sim 9$  Volt,  
pad katode živinog luka. Na katodi transportiraju 56% struje elektroni  
ostatak pozitivni joni, koji pridolaze iz parnog spremnika na katodu.

Najvažnija zadaća iz katode izbitih elektrona jest da odstrane na-  
boj prostora i to time, da proizvadjaju udarcem na atome pozitivne  
jone. Dostatnu brzinu prime kada protoku određenu napetost, napeto-  
st joniziranja. Ova je za živu 10.4 Volt. Slede li brzo udarci elektr-  
ona, može i prvi udarac zglob atoma rasklimati, drugi, atom razoriti.  
Pod ovim uslovima dostatan je i manji napon od 10.4 Volt za jonizaciju.  
Time je pad katode zadan.

Mrlja katode mora biti ugrijana na  $\sim 3000$  C. Uzrok tomu ugrijanju  
mogu biti i moraju biti samo pozitivni joni, koji udare o mrlju, pos-  
lije nakon što su protekli pad katode od 9 Volt.

Da se mrlja tako brzo miče na površini žive, tomu je uzrok parni  
mlaz što izbija iz mrlje, te koji tvori zapreku za pridolazeće jone,  
koje prisili tražiti si uvijek novo mjesto upadanja. Kod toga moraju  
svi joni upasti u veoma maleno mjesto, da se postigne dostatna tempe-  
ratura. To će biti tim teže čim je manji prostor t.j. čim manja jakost  
struje. Stoga razloga nije više sigurnost pravilnog upadanja jona do-  
statna, ako padne struja pod određenu granicu. Kod osobito brze pro-  
mjene položaja mrlje ne uspije proizvodnja dostatne temperature, ele-  
ktroni izostanu, isto tako proizvodnja pozitivnih jona, luk utrne.

Radi izvanredne brzine elektrona dogodi se to u veoma kratkom vremenu  
/  $\sim 10^{-8}$  sec. /

Najmanja potrebna struja je tim veća, čim je manja temperatura pretvarača / jer je tim manji tlak i tim veća udaljenost jona od mrlje, tako da mogu upadnuti u nepravilni položaj. /, čim se više nesmetano može mrlja micati na živi, te čim je veća površina žive.

Kod malenih pretvarača može se doći do 2 Amp. kao najmanje vrijednosti, u velikim mrzlim pretvaračima naraste ova minimalna jakost do 10 Amp. Ovo neugodno svojstvo može se odstraniti, ako se uzme dvije pomoćne anode neposredno nad živom, koje se spoji sa malenim transformatorom. Srednja tačka ovog transformatora je direktno katoda. transformator je tako odredjen, da dobavlja 5 Amp. i za kratki luk potreban napon. 100 - 200 vata je dostatno za ovu pomoćnu spravu. Na taj način imamo u prvom velikom pretvaraču, drugi manji, koji je trajno sa punim teretom u pogonu, dok je ukopčan veliki pretvarač. Time se može uzeti iz velikog pretvarača kojugod jakost struje.

Površinu žive neće se napraviti premalenu, jer bi se ova površina previše njihala simo i tamo. Množine žive koje mogu u prostoru za hladjenje visjeti veoma su velike. Stoga razloga mora se dostatno odmjeriti količinu žive u katodi.

#### b. / Parnik.

Parnik se sastoji iz dva dijela, hladionice, u koju ulazi parni mlaz što izbija iz katode, te u kojoj imademo kondenzaciju živine pare kod temperature, koju odredi tlak, te iz ramena na strani. Hladionicu mora se tako odmjeriti, da se ima za puni teret najugodniji tlak. Koji je to tlak to odredjuje, za visoke napone, mogućnost natražnog upaljivanja.

Da upoznamo u glavnome uzroke ovog opasnog natražnog upaljivanja moramo slijedeće spomenuti.

Elektroni, koje izbija katoda struje k ventilnim elektrodama. Od ovih pridolaze pozitivni joni u takvoj množini da nemamo nigdje u prostoru naboj. kod toga je broj elektrona i pozitivnih jona s obzirom na neu-

iralne Hg atome veoma malen. Na  $\sim$  10000 Hg atoma dodje 1 elektron te 1 jon. S toga se neće skoro nikada desiti da se nadju te sjedine elektron i jon. Jedini gubitci, što se ih ima kod prelaza elektrona kroz prostor, jesu gubitci zbog udarca na neutralne Hg atome. Ali ovi udarci su sasvim elastični dok nisu elektroni postigli dostatnu brzinu / koja odgovara protečnom naponu od 4.68 Volt./ Ispod ove izvjesne brzine imamo samo gubitke zbog udarca / 0.005 % postojeće energije./ Naraste li brzina nad 4.68 Volt ne će elektroni predati vlastitu energiju kod svakog udarca na Hg atome nego samo pod izvjesnim uvjetima, koji mogu biti slučajno ispunjeni. Onda prelazi Hg atom u osobito stanje uzbudjenja iz kojeg se vrati opet u normalno ali isijava kod toga vraćanja svijetlo. Svijetli prema tome para žive, onda imamo po najmanje nekoliko elektrona sa brzinom nad 4.68 Volt. Nema li para toga svijetla, ne postignu elektroni ovu brzinu. Dok se nema osobitih gubitaka iznaša srednja brzina elektrona  $\sim$  2 V. Prilične gubitke mogu prouzročiti stijene kutije. Udari li elektron na atom žive, koji je 360000 puta teži odleti unatrag, udari opet na koji atom, odleti tamo i t. d. tako da opiše sasvim iregularni put, dok se približi anodi; polje anode vuče postepeno elektron na se.

Imamo li stijenu kutije u blizini struje, k anodi dolazi elektron na svome iregularnom putu takodjer pomoću umjerenog električnog polja određenu brzinu, razbiju udarcem molekule plina, te izbiju iz ovih molekula elektron, tako da preostane pozitivno nabiti teški jon. U plinu imamo prema tome naboje obiju predznaka, naboj prostora se je izgubio.

Za dovod elektrona iz kovine u plin imamo osobito uspješno sredstvo t. j. svijetla mrlja katode u plinu jarećeg električnog luka. Ova mrlja dovede svaku traženu količinu bez velikog potroška energije. Naša sadašnja sprava sastoji se dakle iz mrzle kovine, koja tvori ventil, iz prostora sa plinom, iz električnog luka, kojeg mrlja katode tvori izvor elektrona i to na drugoj kovini.

Stavimo li mrzlu elektrodu u luk ulaze elektroni bez poteškoća, ali će elektroda biti veoma brzo tako užarena, da ne tvori više ventil.

Stavimo li elektrodu mrzlu izvan luka, zaustave se elektroni u mrzлом

gustom plinu što opkoli elektrodu, tako da treba visokog napona da se elektrone dovede do ventila. Stoga razloga mora se tlak plina umanjiti, da mogu elektroni proteći veći razmak bez velikih gubitaka. Dalje moramo uzeti u obzir da izgori, ispariva kovina na kojoj žari luk. Ovu zadnju poteškoću možemo odstraniti, ako odaberemo tekuću kovinu, živu. Živina para biće kondenzirana na staklenim stranama kutije, tako da teče opet natrag u najnižu tačku posude. Udesimo li u ovoj točki katodu iz žive, obnovi se automatično živa.

Jer moramo raditi sa malenim tlakom plina, te i tako već imamo plin odn. paru žive u posudi, onda je najjednostavnije da radimo sa ovom parom t. j. da odstranimo sve druge plinove iz posude.

Da možemo iskoristiti konačno sve faze izmjenične struje moramo uzeti toliko ventila, koliko imamo faza, za trofaznu struju dakle tri. Došli smo prema tome našim posmatranjem do slijedećeg rezultata: Evakuirana, izolirana posuda, n. pr. iz stakla, tri elektrode.

Pretvarači velike tipe sa posudom iz željeza nemaju osobitih rame-  
na. Kod ovih su ventil elektrode zaštićene pomoću osobitih zastora, tako da ne može parni mlaz do ovih elektroda. Radi toga je kod ovih takodjer i gubitak napona 5 - 10 Volt.

U prvom momentu izgleda paradokсно, da ne učestvuje željezo kod struje, i ako dolazi na duljem putu u doticaj sa lukom, tako da je k luku paralelno spojeno. Na isti način možemo, kroz pretvarač iz stakla, položiti željezo, od blizine jedne ventilne elektrode do blizine druge, a da se nebi ništa promjenilo. Uzrok leži u djelovanju mrzle elektrode kao ventil. Elektroni mogu bez poteškoća u blizini katode iz luka ulaziti u željezo, ali do struje ne može doći, jer su pozitivni joni dosta pre polagani.

Strani plinovi imaju neugodan upliv. Ponajprije oduzmu elektroni-  
ma kod udarca mnogo više energije nego atom žive, troše prema tome veći napon, što opet ugrije nepotrebno pretvarač tako da raste tlak,

prema tome opet napon. Dalje je njihova vodljivost topline veća nego žive, prema tome je ohladjenje osovine luka veće. Gustoća plina je prema tome, kod istog Hg tlaka, veća, broj udaraca se i gubitci povećavaju, što opet prouzroči porast napona. Konačni kobni učinak ovog porasta tlaka kasnije ćemo još upoznati.

Dalje imadu strani plinovi i neugodna, škodljiv kemički učinak. Kisik tvori sa ugljikom cyan, što daje sa Hg mast, koja dobro vodi struju, tako da postane izolacija pojedinih dijelova iluzorna.

Iz toga razloga mora se odstraniti svaki strani plin.

Svuda u plinu što ga imamo u parniku, mora biti isti broj jona kao i elektrona, da se nema naboj prostora. Pozitivni joni putuju od ventil elektrode k živi. Prema tome mora se proizvodjati na elektrodi uvijek nove jone. Brzina elektrona u smjeru polja je 340 puta veća nego pozitivnih jona. prema tome mora se u neposrednoj blizini ventil-elektrode, za svakih 340 elektrona proizvesti 1 jon. Jer imamo gubitke na stijenama, imamo, kao što je to bilo prije tumačeno u plinu svuda jonizaciju. Ali ova jonizacija nije toliko koncentrirana da krije na anodi gubitak odlazećih pozitivnih jona.

Na anodi nastane negativni naboj prostora, kojeg mora vanjsko polje nadmašiti. Time imamo ubrzanje elektrona, koji dolaze u ovaj prostor. tako da mogu proizvesti jonizacijom toliko pozitivnih jona, koliko ih odlazi od ventil elektrode. Onda imamo opet ravnotešje. Prema tome imamo pred ventil elektrodom određeno otpadanje napona, pad anode. Kod dostatne veličine anode, te malene struje, mora elektron sa najvećom brzinom, od prije spomenutih 340, imati brzinu od 10.4 Volt. Ali jer imadu elektroni u ramenima već brzinu od 5 - 10 Volt, kojom dolaze do anode, samo je maleni dodatni pad anode potreban, da postignu 10.6 Volt.

To vredi dok je struja slaba te površina anode dostatna t.j. ako imamo u prostoru naboja dostatni broj udaraca. Ako je tlak veoma malen neće biti zona prostornog naboja dostatna, ona mora postati šira. Time raste i pad anode, Pad anode je najveći za maleni tlak i



malenu struju. To je drugi uzrok, da raste bitno od pretvarača trošeni napon, ako oduzima teret.

Vidili smo da je jonizacija moguća i kod manje brzine, ako slijede udarci na Hg atom, tako brzo, da je zglob atoma još raskliman, dok dobije drugi udarac. Iz toga razloga može, kod velike gustoće struje na anodi, potrebiti napon od 10.4 - 5 Volt pasti. Da se to postigne treba struju na anodi što je moguće više koncentrirati. A da se to olakša, daje se kod pretvarača iz stakla, elektrodama iz grafita provrt u osovini. Struja prolazi skoro sasvim u provrt, pad anode se može sasvim izgubiti.

#### c./ Anoda. / Ventilelektroda./

a./ U smjeru propuštanja. U ovom smjeru imaju elektrode zadaću primiti struju elektrona što dolaze iz parnika. Kod ulaza u elektrodu predaju elektroni kinetičku energiju, anoda se ugrije. Za ovo ugrijanje mjerodavna je srednja brzina elektrona. Ova iznaša 1 do 2 Volt. Gustoća je velika tako da imamo jonizaciju pomoću više udaraca, tlak je dostatan te brzina elektrona takova, da nije potreban pad anode, biće predana od elektrona, kod ulaza u elektrodu, samo energija, koja odgovara 1 - 2 Volt t.j. pro Ampere 1 - 2 vata. Dodati moramo još energiju, koju dobijemo neutralizacijom elektrona na elektrodi, koja iznaša 4 vata pro amp., tako da će biti anodi predana energija 5 - 6 vata pro amp. Čim manja struja i tlak, tim će biti veća pro amp. anodi predana energija. To ima za poslijedicu, da su kod pretvarača sa staklenom posudom, što se ga ukopča punim teretom, elektrode po ukopčanju biti toplije, nego po trajnom teretu.

Predana energija za puni teret mjerodavna je za veličinu elektrode, jer ne smije elektrodu užariti energija nad tamno crvenu boju, ako ćemo sa sigurnošću prepriječiti natražno upaljivanje. Za pretvarače sa staklenom posudom upotrebljava se uopće anoda iz grafita.

b./ U suprotnom smjeru. Natražno upaljivanje;

Najvažniji je snošaj elektroda u nepropustljivom smjeru, jer pretvarač bazira na tome, da nemamo u ovome smjeru bitne struje. Da upoznamo opasnosti moramo još jednoć spomenuti izbijanje tinjavim svijetlom. U nepropustivljom smjeru je ventil-elektroda katoda izbijanja. Od luka, koji leži na drugoj anodi dotjeću pozitivni joni k nepropustljivoj elektrodi, u koju se zaletu. Radi tromosti i naboja prostora, od ovih jona transportirana struja tako je malena, da se ju skoro ne može ni mjeriti. Je li napon dostatan onda je udarac jona na elektrodu tako jak, da izbije elektroda elektrone. Elektroni proizvadjaju pomoću visokog napona pred ventil elektrodom jonizacijom pozitivne jone, koji opet udare na ventil elektrodu. Struja raste dok ne postigne, zbog veće množine pozitivnih jona neposredno pred ventil-elektrodom, naboj prostora visinu, koji onemoguću dalji postupak. Skoro čim vi napon leži sada kao pad katode pred ventil-elektrodom.

Napon koji mora biti po najmanje na katodi da može struja porasti, iznaša za Hg paru i elektrode iz grafita  $\sim$  450 Volt. Nad 450 Volt imamo dakle na ventil-elektrodi uvijek izbijanje tinjavim svijetlom. Kod toga moramo još uzeti u obzir, da imamo na pr. kod jedno faznog pretvarača napon na svakoj ventil-elektrodi u nepropustljivom smjeru dvostruko veći napon nego istosmjerni.

Gubitak energije izbijanja tinjavim svijetlom tako je neznatan, da uopće ne dolazi u obzir. Opasno postane ovo izbijanje, ako se pretvori u luk, natražno upaljivanje.

Je li napon elektrode  $V$  struja tinjavog svijetla  $i$  biće predano ventil-elektrodi  $0,8 \cdot V \cdot i$  kao toplina. Struja  $i$  je kod konstantnog istosmjernog napona proporcionalna kvadratu tlaka. Kod zadanog tlaka raste sa četvrtom potencijom napona. Usprkos tomu mora se kod običnog tlaka 0,3 mm Hg imati veoma visoki napon, da naraste energija  $0,8 \cdot V \cdot i$  toliko, koliko je potrebno za luk, jer je gustoća struje izbijanja tinjavim svijetlom veoma malena. Ali mnogo prije već postane razdioba struje na ventil-elektrodi sasvim labilna. Na kojem god mjestu postane od prilike gustoća nešto veća, jer se na ovom mjestu nalazi na pr., koje poganjenje, koje olakša izbijanje tinjavim svijet-



tlom. Tu dolazi do isparivanja substance, koje opet povećava gustu. Proces tjera sam sebe na više dok ne postane temperatura koja je visoka da počne mjesto izbijati elektrone, luk nestane. Potrebna je temperatura kod zadanog poganjenja mnogo manja nego za čisti grafit. Čisti postupak može se dogoditi u vremenu od  $\frac{1}{1000}$  sec. Kao blijesak bez ikakvih predznaka pretvori se tinjavo svijetlo u luk, koji troši namjesto 1000 i više volta samo nekoliko. Natražno upaljivanje, kratki spoj je gotov.

To se tim lakše dogodi, čim je veći teret ventil-elektrode t.j. čim je veće  $V$  odnosno  $i$ .  $i$  je proporcionalno kvadratu tlaka, tlak raste veoma brzo sa temperaturom, prema tome oduzima granica natražnog upaljivanja veoma brzo sa temperaturom. Čim veći je napon, kojega možemo još sa sigurnošću pretvoriti, tim veća mora biti posuda za isti teret, tim energičnije mora se hladiti / kod velikih pretvarača vodom./ Može se napone od 10000 Volt i više još sigurno izravnati kod struje od 5 Amp., ako se ne odabere pretvarač za 5 nego za 100 Amp.

To vrijedi za pretvarače bez stranih plinova i sa čistim materijalom. Veća poganjenja mogu granicu natražnog upalivanja bitno sniziti.

Takodjer melene kaplje žive mogu biti uzrok natražnog upalivanja, ako padnu po kondenzaciji na stijeni, na žareću elektrodu. U tom slučaju imamo momentano isparivanje žive, koje prouzroči natražno upaljivanje, ako je pretvarač za ovo vrijeme bio već blizu ove opasne granice.

#### d./ Pogon i spojevi.

Pretvarače se napravi za 1, 3 odn. 6 faza. Maleni i srednji pretvarači imaju posudu iz stakla, veliki iz željeza. U zadnjem slučaju dobije svaki pretvarač još osobite sisaljke, da se može uzdržavati vakuum t. j. da se može odstraniti strane plinove.

Jednofazne pretvarače uzima se samo za maleno djelovanje do maksimalno 50 - 60 Amp.

Za stavljanje u pogon upotrebi se u opće elektromagnete, koji zanj-  
išu posudu, tako da dodje do spoja katode sa anodom, za upaljivanje.  
Pomoćne anode, koje se udesi, da se može trošiti kojigod jakost stru-  
je, a da se luk ne izgubi, već smo spomenuli. Ove pomoćne anode spo-  
ji se sa malim transformatorom za uzbudjenje, sredina ide / preko  
pritomljača/ ka katodi. Pomoćne anode spoji se kratko. Principielnu  
šemu spoja malenog pretvarača /  $\sim 20 \text{ A}$  / prikazuje sl. 17. Stepen dje-  
lovanja slijedi iz stepena djelovanja posude, transformatora, kruga  
uzbudjenja, te pomoćnih sprava. Stepen posude ovisan je samo o traže-  
nom naponu istosmjerne struje. Za stepen vrijedi:

$$\eta = \frac{E_g}{E_g + E_h} \cdot 100\%$$

$E_g$  = napon istosmjerne struje,

$E_h$  = otpadanje napona u posudi.

Jer je otpadanje u posudi  $\sim 17 - 18 \text{ Volt}$  dobivamo kod traženog na-  
pona istosmjerne struje  $E = 60 \text{ V}$

$$\eta = \frac{60}{60+18} \cdot 100\% = 77\%;$$

Stepen posude je prema tome neovisan o teretu, kod malenog tereta  
isti kao i za veliki. Čim veći istosmjerni napon, tim je ugodniji ste-  
pen. Totalni stepen odredjuje takodjer stepen transformatora te pomo-  
ćnih sprava. Za malene pretvarače ima se približno /  $\text{A} = 10 \text{ Amp}$  /  
puni teret 43-44 %,  $\frac{1}{2}$  tereta 35 %,  $\frac{1}{3}$  tereta 30 %.

Pretvarače za veće struje / posuda iz stakla do  $\sim 250 \text{ Amp.}$ , iz že-  
ljeza do 1500 Amp./ može se upotrebiti za sve svrhe kao generatore  
odnosno baterije akumulatora. Sposobni su naravno takodjer za trovo-  
dni sistem. Razdiobu napona postigne se ili na transformatoru -sl.18  
ili pomoću baterije -sl.19- ili pomoću osobitih strojeva -sl.20.

Osobite prednosti pretvarača su:

- 1./ Neosjetljivost napram udarcima struje / uporaba za željeznice/
- 2./ Velika kratkotrajna mogućnost preopterećenja do 100 % / udarec/
- 3./ Jednostavni pogon i podvorba
- 4./ Jednostavni paralelni spoj bez sinhroniziranja

5./ Bez trošenja pojedinih dijelova

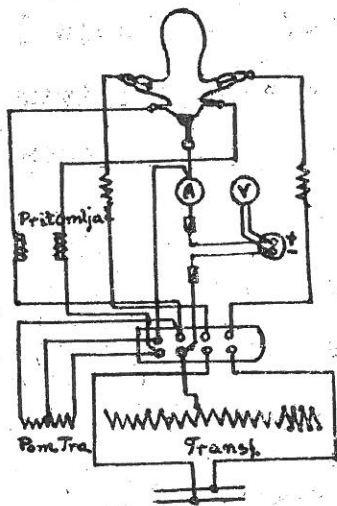
6./ Malena težina, maleni fundamenti

7./ Jednostavna jeftina rezerva za svaki pogon.

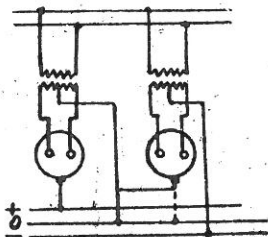
To su prednosti, kojima si pretvarač tehničko polje sve više osvaja.

Da upoznamo još bolje svojstva pretvarača spomenuti ćemo slijedeće.

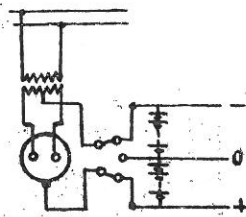
Stepen dijelovanja promjeni se veoma malo sa promjenom tereta. Za prolazak krivulje stepena mjerodavni su gubitci u posudi odnosno staklu, ako pretpostavimo posudu iz stakla. Karakteristika stakla mijenja se sa temperaturom. Sl. 21. prikazuje šematični spoj pretvarača



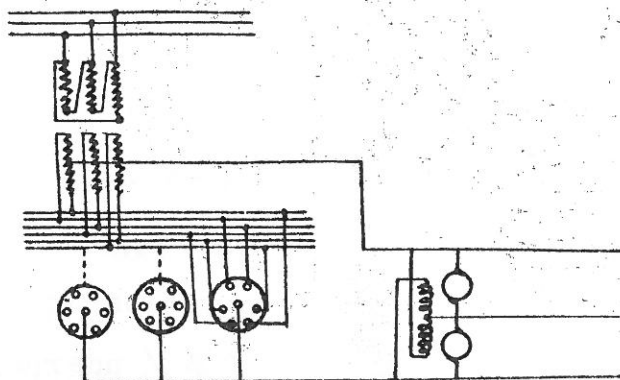
sl. 17.



sl. 18.

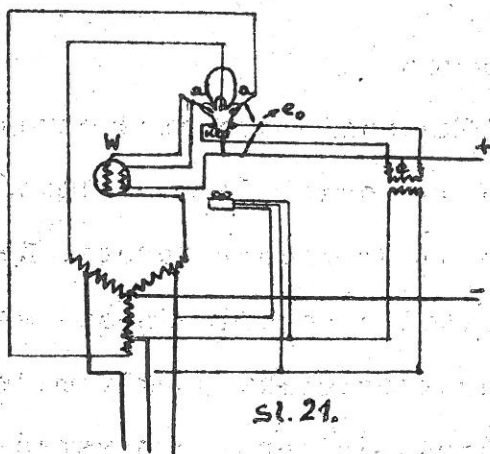


sl. 19.



sl. 20.

za trofaznu struju. Pretvarač ima ventilator da se može teret povećati. Uopće se upotrebljava ventilatore za hladjenje kod pretvarača sa staklenom posudom od 100 Amp. unaprijed. Sa ukopčanim vatmetrom W mjerimo u pogonu od 0-70 Amp bez ventilatora otpadanje  $e_0$ , sl. 22. krivulja 1, za terete od 0 do 150 Amp otpadanja  $e_0$ , sa ventilatorom po krivulji 2. Uopće je otpadanje u staklu 15-18 Volt i to ovisno o veličini posude. Karakteristični prolazak ovih krivulja ovisan je o tlaku što ga imamo u posudi. Kod preopterećenja raste  $e_0$ , jako, ako traje preopterećenje tako dugo, da dobije posuda teretu odgovarajuću temperaturu. Je li preopterećenje samo kratko, ne promjeni se  $e_0$ . Prema tome nemaju ove krivulje važnosti za momentano preoptere-



č enje te važi samo za pogone sa dugo trajnim / do  $\frac{1}{2} - \frac{3}{4}$  / istim teretom.

Iz ovih krivulja slijedi:

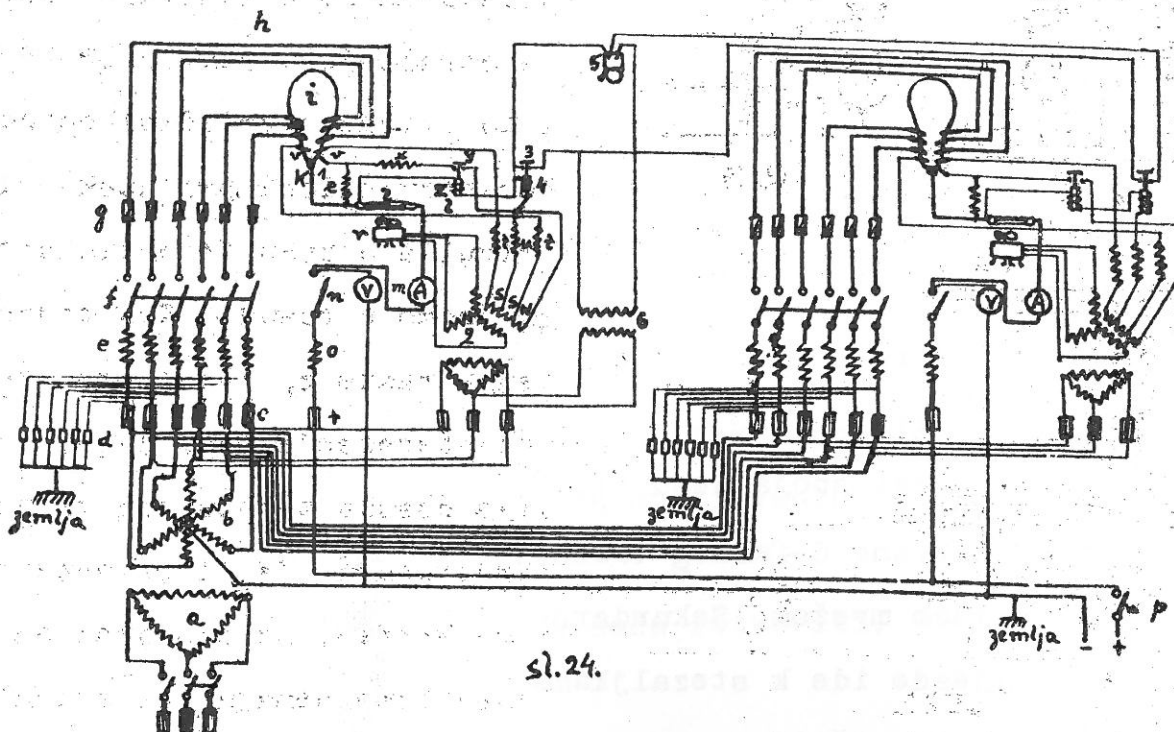
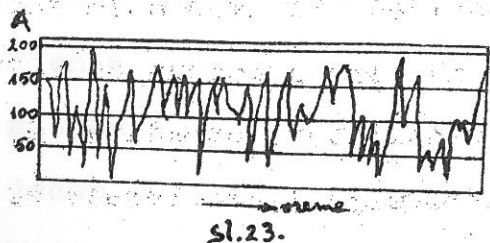
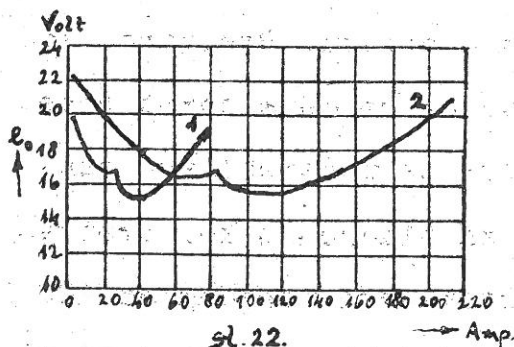
a./ Je li raspored pretvarača udarcima opterećen / željeznice, tramvaj i t.d./ mora se stepen djelovanja odrediti za otpadanje u staklu  $e_0 = 17$  Volt /otpadanje u luku /

b./ je li raspored ponajmanje  $\frac{1}{2}$  sata opterećen sa malo promjenljivim teretom mora se uzeti e iz dotičnih krivulja.

Stepen djelovanja za pogon sa jako promjenljivim teretom na pr. po slici 23. Stepen djelovanja je:

$$\eta = \frac{KW}{KW + gubici j}$$

KW je istosmjerni potrošak.



- a./ primarna strana 6-faznog transformatora,
- b./ sekundarna strana 6-faznog namotaja dvostruke zvijezde,
- c./ stezaljke pretvarača,
- d./ odvod prenapona odn. sig. napram blijesku,
- e./ pritomljači,
- f./ šest polna sklopka,
- g./ osigurači,
- h./ anode,
- i./ posuda iz stakla,
- k./ katoda,
- l./ osigurač,
- o./ pritomljač,
- p./ automat za prejaku struju,
- q./ trofazni transformator 500 VA,
- r./ ventilator za hladjenje,
- s./ pomoćno uzbuđenje,
- t./ pritomljač anode za uzbuđenje,
- u./ svitak katode,
- x./ otpor,
- y./ kontakti relaisa z,
- 3./ kontakt za alarmiranje,
- 4./ relais,
- 5./ zvonac,
- 6./ transformator za zvonce.

Iz sl. 24., slika spoja dviju paralelno spojenih pretvarača, može se gubitke odrediti.

Pojedini dijelovi spoja jesu sl. 24. :

a je primarna strana 6-faznog transformatora, spojen u trokutu sa običnom trofaznom mrežom. Sekundarna strana b u 6-faznom namotaju dvostruke zvijezde ide k stezaljkama pretvarača c. Na ove stezaljke priključena je zaštita napram prenaponu odnosno blijesku. Krug izmijenične struje u pretvaraču ide preko primarnog pritomljača e,

šesterostruku sklopku f, sigurače g, k anodama h posude i. Po izravnanju teče struja od katode k kao istosmjerna kroz siguralnicu t, ampermetar m, sklopku n, pritomljač o do pozitivne stezaljke pretvarača. Odavle ide vod preko automata za prejaku struju p k mreži. Automat osigurava raspored napram prejake struje, odnosno kratkom spoju u mreži. Siguralnica t dodje do djelovanja, ako jedan pretvarač iz kojeg razloga jenja djelovati, tako da mora drugi preuzeti čitavu, za pretvarač preveliku struju.

Minus pol rasporeda ide k sredini namotaja b, minus pol je redovito spojen sa zemljom.

Pomoćne sprave su maleni trofazni transformator q od  $\sim$  500 VA, primarno priključen na faze namotaja b. Transformatorom rani ventilator r te pomoćno uzbuđenje. Ovo se sastoji iz jednakih namotaja s te s, motani na jedan krak transformatora, iz pritomljača uzbuđenja anode t te svitke uzbuđenja katode u. Anode uzbuđenja v su sasvim u blizini katode. w je omotka za upalivanje. Od ove ide jedan vod preko otpora x kontakta y relea z, k anodi upalivanja. Medju anodu l te katodu priključen je svitak za zanjihanje 2. Vod istosmjerne struje uzbuđenja ide preko relaisa z. Osim toga ima se više puta još sprave za alarmiranje, ako se pretvarač ne upali. Ova sprava sastoji se iz kontakta 3 na koji djeluje struja uzbuđenja putem relea 4. Kontakt 3 zatvori onda krug zvonca 5, što ga hreni osobiti transformator 6.

Za stavljanje u pogon ukopča se primarnu stranu glavnog transformatora, onda 6-polnu sklopku na svakom pretvaraču. Onda uslijedi upaljenje automatično, jer zanjíše svitak 2 posudu, tako da upali anoda l. Relais z otvori onda krug upaljivanja, voltmetar V prikazuje napon.

Sklopka n te automat p može se sada zatvoriti. Time je centrala pripravna na pogon.

Stepen djelovanja slijedi iz jednadžbe:



$$\eta = \frac{KW}{KW + gubici}$$

KW je trošak istosmjerne energije. Označi:

$V_{\text{Fe}}$  = gubitke u željezu transformatora a b,

$V_{\text{K}}$  = " " bakru " " " ,

$V_v$  = trošak u vatima ventilatora r,

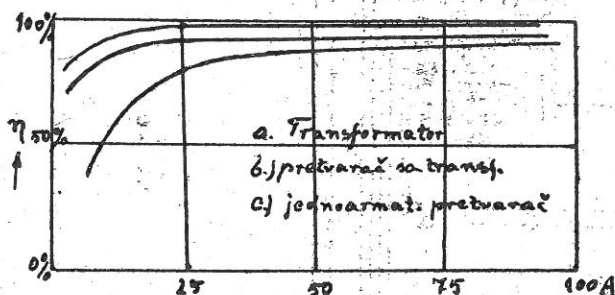
$V_k$  = " " " pomoćnog uzbudjenja uključivo pomoćni transformator q,

$V_g$  = gubitci u luku,

$V_e$  = " u vodovima i pritomljačima, onda imamo:

$$\eta = \frac{KW}{KW + V_{\text{Fe}} + V_{\text{K}} + V_v + V_k + V_g + V_e}$$

Za pola tereta ostane nepromjenjeno  $V_{\text{Fe}}$ ,  $V_v$ ,  $V_k$ , umanjuje se samo  $V_{\text{K}}$ ,  $V_g$ . Sl. 25 prikazuje stepen ovakvog pretvarača, te osim toga za usporedjivanje i stepene djelovanja jednoarmaturnog pretvarača.



Sl. 25.

Mreže za konstantnu jakost t. j.

bez ovih udaraca struje moraju imati što je moguće konstantni napon.

Ovakvi raspored dobiva transformator za regulaciju. Sl. 26. prikazuje spoj rasporede počam od strane visokoga napona, do sabirača istosmjerne struje. U mrežu ukopčan je maksimalni relaiš 1, koji ukopča i iskopča drugi pretvarač, ako naraste odnosno otpadne teret mreže tako, da treba 2 ili 1 pretvarač. Namotaj transformatora  $f_1$  ukopča ili iskopča ventilator n, ako iznaša teret svakog pretvarača više odnosno manje od 35 % punog tereta. Za regulaciju služi transformator d sa regulacijom e.

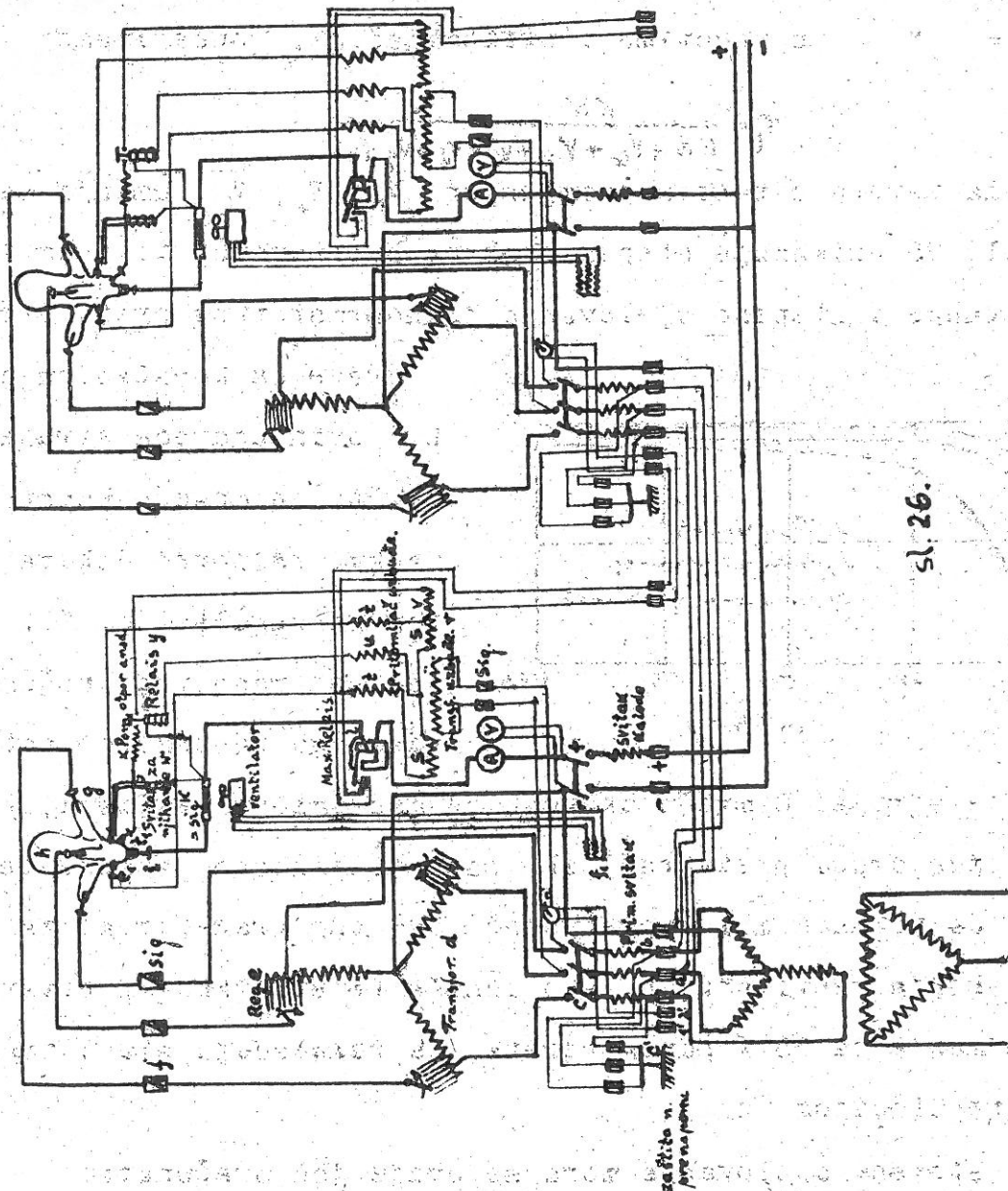
Kod stepena djelovanja mora se ovdje još uračunati:

$V_{\text{Fe}}$  gubitak u željezu transformatora za regulaciju,

$V_{\text{K}}$  " " bakru " " " "

prema tome vredi:

$$\eta = \frac{KW}{KW + V_{\text{Fe}} + V_{\text{K}} + V_v + V_k + V_g + V_e + V_{\text{Fe}} + V_{\text{K}}}$$



sl. 26.

#### 4./ Argonal-izravljivač.

Znatno umanjivanje minimalne struje odnosno trajnog potroška energije pomoćnog namotaja postigla je tvrtka "Deutsche Telephonwerke u. Kabelindustrie Berlin" na taj način da je uzela osim Hg plina nešto argona i dodala katodi nekoliko procenata alkali-kovine. Time je postigla minimalnu struju od 0,1-0,3 Amp a da se ne utrne luk. Inače je konstrukcija sasvim slična Hg pretvaraču. Anoda za upalivanje priključena je na osobiti namotaj glavnog transformatora. Kod ukopčenja svitka za upaljivanje nastane odmah luk, jakost ograniči određeni otpor. Počne li pretvarač djelovati, iskopčaelektromagnet anodu upaljivanja iz kruga / sl. magn. relaisa./

Alkali te argon olakšavaju veoma upaljivanje. Ali također natražno upaljivanje. Da se postigne veću sigurnost uzelo se je više puta zavimuta ramena za anode, tako da se već došlo do 700 Volt istosmjerne struje.

Argonal pretvarač troši o teretu skoro neovisni napon od  $\sim$  15 Volt za malene tipove.

#### 4./ Mehanični izravljivači.

Može ih se upotrebiti samo za malene struje. Njihova teorija je slijedeća. Zamislimo si kotvu sa kontaktima, koja njiše u izmjeničnom polju, može ova kotva izmjeničnu struju za polovicu periode ukopčati, za drugu polovicu iskopčati, tako da se jedan smjer ispusti uništi. Njiše li kotva medju dvima kontaktima može se pomoću zgodnoga spoja obje polovice izravnati u isti smjer. Prekopčanje smjera struje mora se uvijek onda izvršiti, ako padne struja također kod protunapona do nule. U drugom slučaju imalo bi se slabo iskorišćenje struje, osim toga dobili bi iskre na kontaktu.

Njiše li kotva u jednom polju, što ga uzbudimo na pr. polariziranim magnetu izmjenične struje, dobijemo radi tromosti pojedinih dijelova odmicanje faze, koje onemogućuje zatvaranje i otvaranje kontakta

u momentu jakosti nula, Pomoću ukopčane kapacitete, te induktivitete može se postići koje god fazno odmicanje, tako da jemoguće izravnjivač tako naravnati, da se izjednači odmicanje radi tromosti. Ali ovo izjednačenje vredi samo za jednu frekvencu, prema tome rade mehanički izravnjivači samo kod jedne frekvence pravilno, za sve druge mora se ih osobito opet regulirati.

Maksimalni napon za kojega mogu ovi izravnjivači doći u obzir je 40 V i 3 A, maksimalno su prema tome sposobni za veoma malene energije, to jest za nabijanje pojedinih elemenata ili malenih baterija, kao što ih se upotrebljava za različne svrhe u slaboj struji / telegrafija, telefonija, signaliziranje./

Konačno moramo još spomenuti:

#### 5./ Elektrolitične izravnjivače.

Uroni se aluminij i željezo u rastopinu natriumfosfata ili natrium bikarbonata, te spoji ovu kombinaciju sa izmjeničnom strujom, nastane na aluminiju mikroskopično tanka naslaga oksida, koje struju samo u jednom smjeru propušta, t. j. u smjeru željezo-tekućina-aluminij. Sprava djeluje dakle kao ventil / Grätz./ Dok ne prekoračimo neku graničnu vrijednost napona / koja leži po tekućini u blizini od 100 Volta/ ovakav element u jednom smjeru ne propušta skoro nikakvu struju. U drugom smjeru struja nema nikakove zapreke. Sposobnim spojem dviju ovakvih elemenata može se iskoristiti obje polovice električnog vala.

Sličan Grätz-ovom izravnjivaču je Balkite izravnjivač tvrtke "Faustel-Produkte-Co. Elektrode tvore olovo i dva komada tantal-Imia / anoda./ Elektrolit je sumporna kiselina od 30 %.

Takodjer ovi izravnjivači su sposobni za malene, slabe struje, upotrebljava ih se kao i prije spomenute mehanične, za svrhe slabe struje ili nabijanje malenih baterija odnosno elemenata.