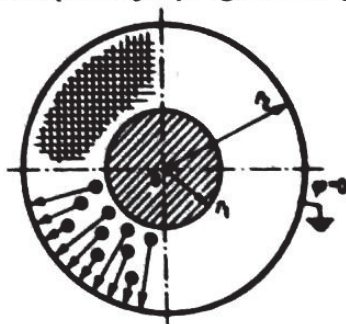


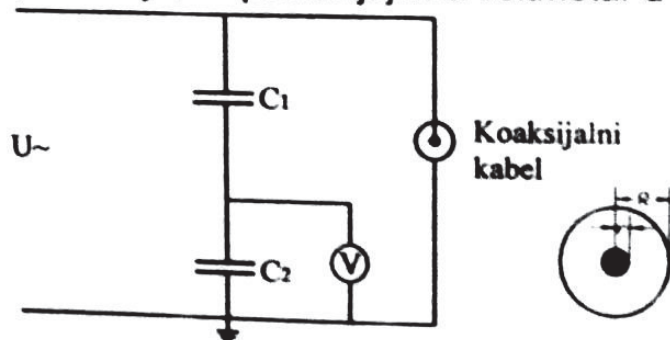
## Pismeni ispit iz Tehnike visokog napona

1. U izolaciji istosmjernog kabela postoji mala vodljivost. Duljina kabela je  $l$ , radius  $r_1=1\text{ cm}$ , a radius uzemljenog metalnog plašta  $r_2=2,5\text{ cm}$ . Relativna dielektričnost izolatora je  $\epsilon_r=2,2$ . Gustoća prostornog naboja dana je funkcijom  $\rho = \rho_1 \left(\frac{r_1}{r}\right)^3$ , gdje je  $\rho_1=2,2\text{ nAs/cm}^3$  gustoća naboja na površini vodiča. Na kojem potencijalu će se naći vodič nakon iskapćanja pogonskog napona? (20%)



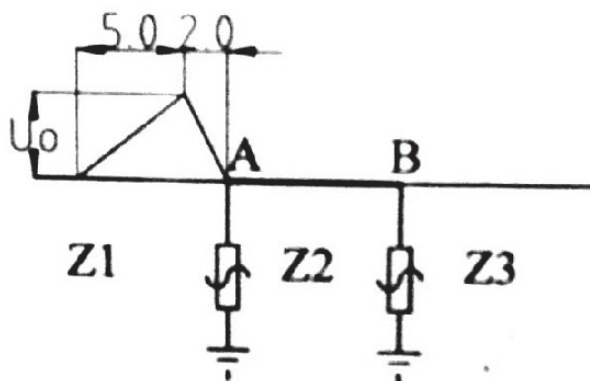
Rješenje:  $U = \underline{\hspace{2cm}}$ ;

2. Voltmetar mjeri  $208\text{ V}$ . Kolika je i gdje najviša efektivna jakost polja u koaksijalnom kabeu?  $C_1 = 110\text{ nF}$ ,  $C_2 = 50\text{ }\mu\text{F}$ ,  $r=0,5\text{ cm}$ ,  $R=3,0\text{ cm}$ . Kakvi zahtjevi, s obzirom na ulaznu impedanciju, se postavljaju za voltmetar u ovom spoju? (10%)



Rješenje:  $E_{\text{eff(max)}} = \underline{\hspace{2cm}}$ ;

3. Nacrtati oscilograme napona (pomoću Bewley-evog mrežnog dijagrama) u točkama diskontinuiteta (A i B).  $Z_1=400\text{ }\Omega$ ,  $Z_2=60\text{ }\Omega$ ,  $Z_3=380\text{ }\Omega$ ,  $U_0=700\text{ kV}$ ,  $T_1=2\text{ }\mu\text{s}$ ,  $T_2=5\text{ }\mu\text{s}$ , preostali napon odvodnika u točki A  $U_{pA}=95\text{ kV}$  a u točki B  $U_{pB}=90\text{ kV}$ . Duljina kabela je  $189,7\text{ m}$ , a  $\epsilon_r=2,5$ . Za oscilograme izračunati po pet točaka (u točkama A i B). Korak proračuna  $1\text{ }\mu\text{s}$ . (21%)



2		
3		
4		
5		
6		


4. Što je to korona, gdje se javlja i kako se očituje? (7%)

---



---



---

5. Kako se mjeri visoki napon u visokonaponskim rasklopnim postrojenjima? (7%)

---



---

6. Ukratko objasniti zašto je raspodjela napona duž izolatorskog lanca nelinearna? Da li je problem nelinearnosti raspodjele izraženiji za 110 kV ili 400 kV izolatorske lance? (7%)

---



---



---

7. Ukratko opisati mjerenje probojne čvrstoće krutih dielektrika. (7%)

---



---



---



---

8. Kojim zakonom se opisuje električni potencijal u polju s prostornim nabojem? (napisati i jednažbu). (7%)

---



---

9. Što je to površinska fotoionizacija? (7%)

---



---



---

10. Gdje može nastati ferorezonancija (u kakvom krugu)? (7%)

---



---



---



Student: \_\_\_\_\_

## II kontrolna zadaća iz Tehnike visokog napona

1. DV 220 kV, dužine 200 km je u praznom hodu. Djelatni otpor se može zanemariti,  $X_1=0,41 \Omega/\text{km}$ ,  $C_1=8,5 \text{ nF/km}$ . Koristeći jednopolnu nadomjesnu  $\pi$ -shemu voda odrediti napon  $U_2$  na kraju voda.  $U_1=127 \text{ kV}$ ,  $f=50 \text{ Hz}$ . (12%)

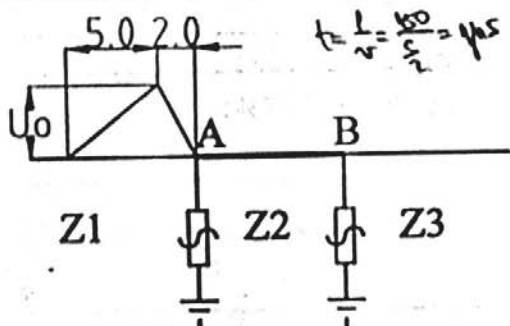
Rješenje:  $U_2 = 129,84 \text{ kV}$ ;

$$U_2 = \frac{U_1}{j(\omega C_1 l)} \cdot (-j374,97) = U_1 \cdot 1,072389$$

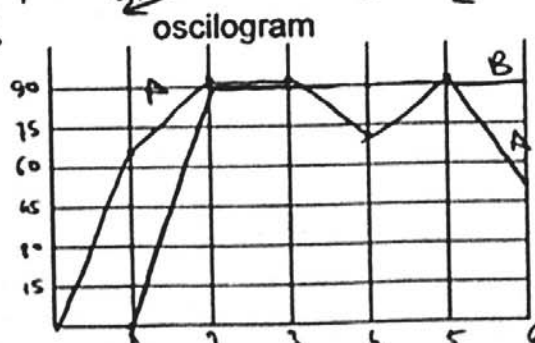
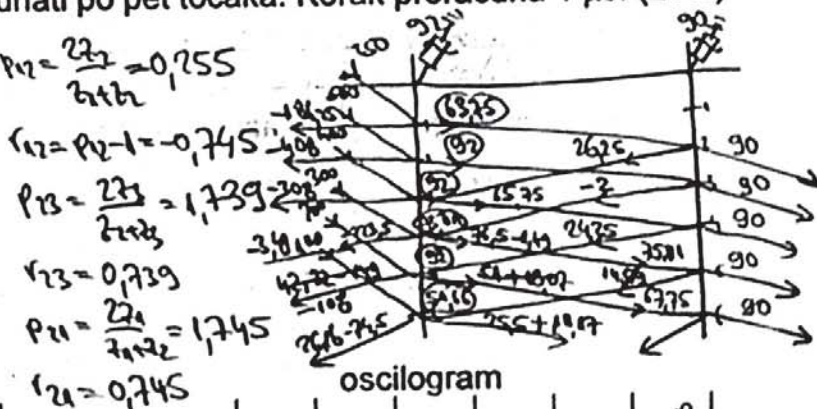
2. Nadzemnim vodom u stanicu nailazi val strmog čela ( $T_c=40 \mu\text{s}$ ) i beskonačno dugog hrpta, amplitude  $U_0$ . Iz stanice izlaze još tri nadzemna voda. Valni otpor svih vodova je  $Z=400 \Omega$ . U vremenu  $t=20 \mu\text{s}$  napon u stanici je  $U_{st}=250 \text{ kV}$ . Kolika je amplituda ulaznog vala  $U_0$ ? Kolika je strmina vala prije ulaska u stanicu i nakon prolaska stanicom? Koliki je napon na sabirnicama u  $t=40 \mu\text{s}$  (16%)

Rješenje:  $U_0 = 1000 \text{ kV}$ ;  $s = 25 \frac{\text{kV}}{\mu\text{s}}$ ;  $s' = 12,5 \frac{\text{kV}}{\mu\text{s}}$ ;  $U_{st}(40 \mu\text{s}) = 500 \text{ kV}$ ;

3. Nacrtati oscilograme napona (pomoću Bewley-evog mrežnog dijagrama) u točkama diskontinuiteta (A i B).  $Z_1=410 \Omega$ ,  $Z_2=60 \Omega$ ,  $Z_3=400 \Omega$ ,  $U_0=500 \text{ kV}$ ,  $T_1=2 \mu\text{s}$ ,  $T_2=5 \mu\text{s}$ , preostali napon odvodnika u točki A  $U_{pA}=92 \text{ kV}$  a u točki B  $U_{pB}=90 \text{ kV}$ . Duljina kabela je  $150 \text{ m}$ , a  $\epsilon_r=4$ . Za oscilograme izračunati po pet točaka. Korak proračuna  $1 \mu\text{s}$ . (21%)



t [ $\mu\text{s}$ ]	$U_A$ [kV]	$U_B$ [kV]
1	63,75	0
2	92,00	90
3	92,00	90
4	73,04	90
5	92,00	90
6	51,66	90



4. Na laboratorijskim vježbama smo proizvodili visoki istosmjerni napon ..... (kako i pomoću čega)? (6%)

- ispravljači, usmjerivači, mehanički ispravljači, ispravljačica, kondenzatori za izravnavanje, istosmjerni napon, di. žaravci



5. Iskrište šiljak - ploča ima veći probojni napon (za isti razmak) ako je ....? (7%)

šiljak negativan

Zašto? Zbog različitih napona: U oba slučaja je oblik polnih zona ispod šiljka jer su negativni delovi potkrovniji. U slučaju negativnog šiljka više električno polje na samom šiljku ali slabije u prostoru prema ploči što rezultira većim probojnim naponom nego u slučaju šiljka pozitivnog prema ploči.

6. Pri proizvodnji udarnog napona na laboratorijskim vježbama, trajanje čela vala smo efikasno regulirali promjenom vrijednosti jednog parametra. Kojeg?

Kako smo regulirali amplitudu udarnog vala? (6%)

- Prolaznog otpora  $R_p$ ;  $R_p \rightarrow T_c \uparrow$

- Amplitudu reguliramo promjenom razmaka izbojnog iskrišta;

7. Za što se koristi istosmjerna kaskada? (6%)

Za proizvodnju višestrukog istosmjernog napona iz izmjeničnog.

8. Zašto pri zemljospoju nastaju prenaponi? (6%)

Spojem jedne faze s zemljom nakon razlika faza (u idealnom slučaju  $R_t = 0$ ) dolazi na krajnje napetosti. Ali je zemljospoj intermitirajući dolazi do još većih prenapona usljed oscilacija.

9. Ako prenaponski val stiže dalekovodom u transformatorsku stanicu, da li je povoljnije ako je (zaokruži točan odgovor): (7%)

a) na sabirnice osim ovoga dalekovoda priključen transformator i jedan dalekovod;

☒ b) na sabirnice osim ovoga dalekovoda priključen transformator i još tri dalekovoda;

Zašto? Većim brojem priključenih valnih impedanci ukupna valna impedanca se smanjuje. Faktor polarnosti je manji što i napon u TS.

Veći broj priključaka smanjuje amplitudu prenaponskog vala u stanici.

10. U kojim postrojenjima dolazi do porasta potencijala oklopa? (7%)

U odlopljenim plinom izoliranim rastopnim postrojenjima.

Zašto? Prolazni val vrlo brzog čela izlazi iz oklopa (na odvodu), na induktivnim vanjskim vezama stvaraju visoke padove napona. Može doći i do preboja između faza i oklopa.

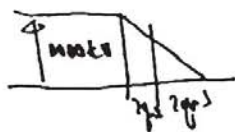
11. Nabrojati prijenosne omjere energetskih transformatora u TS Žerjavinec? (6%)

TR 110/110 kV

TR 110/170 kV

TR 110/2010 kV

$$\frac{1}{T} = \frac{1}{T_1} + \frac{1}{T_2} \quad p = \frac{2Z_1}{Z_1 + Z_2} = \frac{2Z_1}{Z_1 + Z_1} = \frac{2Z_1}{2Z_1} = 1$$



$$U_0 = 1000V$$

$$U_{st} = U_0 \cdot p \quad |U_t = 100\mu s| \Rightarrow U_0 = \frac{U_{st}}{p} = 500kV \quad |U_t = 100\mu s|$$