

LABORATORIJSKE VJEŽBE IZ PREDMETA ELEKTRIČNA MJERENJA KOD JOSIPA LONČARA

**Roman Malarić, Melita Turković,
Petar Mostarac**



PREDMET ELEKTRIČNA MJERENJA

- Josip Lončar od 1921. godine predavao je kao profesor na Tehničkoj visokoj školi u Zagrebu (od 1926. Tehnički fakultet) predmet „Teorijska elektrotehnika“ (kasnije Osnove elektrotehnike) a od 1922. i predmet „Električna mjerenja“.
- Lončar je 1924. godine osnovao Laboratorij za električna mjerenja kako bi mogao organizirati laboratorijske vježbe i baviti se znanstvenim radom te postao njegovim prvim predstojnikom
- Nabavljenu je opremu potom koristio u sklopu laboratorijskih vježbi za studente. Nažalost, Lončareve „Upute za praktikum“ iz predmeta Električna mjerenja koje spominju u Inventarnoj knjizi zavoda nisu pronađene u njegovoj arhivi.



Upute za laboratorijske vježbe

- Lončarevi navodi o Uputama za praktikum za Električna mjerenja, međutim same upute nisu pronađene

Račun Notter i drugi pivači i šapirografski
materijal za ~~šapirografski~~ uređivanje uputa
za labor. vježbe + (C)

Na visoku školu, nakon položenog profesorskog ispita iz fizike i matematike kao glavnih struka g. 1916. i postignutog doktorata filozofije iz fizike g. 1920. u Zagrebu kao i već danih prvih publikacija, došao sam pozivom Vijeća Tehničke visoke škole u Zagrebu g. 1921. da predajem opću elektrotehniku a malo iza toga i električka mjerenja. Odmah na početku spoznao sam da svome novom zadatku mogu samo tako valjano odgovoriti ako se pobrinem za osnutek i što bolje razvijanje zavoda u kome će se moći vršiti demonstracije pokusa uz predavanja iz Osnova elektrotehnike i praktički rad studenata uz predavanja iz Električkih mjerenja, a trebalo je omogućiti i naučno-eksperimentalni rad vlastiti i naprednijih saradnika u takvom Zavodu. Zato sam već 1922. zatražio i dobio dozvolu da osnujem takvu ustanovu, koja se u početku zvala Laboratorij za električka mjerenja a kasnije je ispravnije nazvana Zavod za osnove elektrotehnike i električka mjerenja, pod kojim imenom i danas postoji. Tek velikim zalaganjima uspjelo je organizirati i usavršiti ovakav zavod, no i rezultati onda nisu izostali. Drugu spoznaju svoju da treba kako studentima tako i industriji dati u ruke osnovnu stručnu literaturu na našem jeziku također sam ~~provelo~~ provodio u život, i to najprije skriptom Osnova elektrotehnike i upute za praktikum Električkih mjerenja (više izdanja jednoga i drugog), a zatim prešavši na izradbu udžbenika visokog nivoa kako iz Električkih mjerenja tako i iz Osnova elektrotehnike. Nastala su tako, i izlazila, pored drugih publikacija potpisana, na-



Budući profesori FER-a na vježbama

- Studenti su plaćali taksu koju je prof. Lončar koristio za nabavku materijala.
- Među popisima studenata koji su plaćali navedenu taksu mogu se prepoznati i budući zaslužni profesori fakulteta poput Hrvoja Požara, Radenka Wolfa, Tome Bosanca i drugih

- 59 -

Drenos:		Priznaci:
		508,-
a)	Kaiser Dragutin	40,-
b)	Doni Raček Leo	40,-
i)	Biljan Anton	40,-
j)	Fixer Marko	40,-
k)	Požar Hrvoje	40,-
l)	Pipić Dragorad	40,-
m)	Heimer Josip	40,-
n)	Šel Ludvik	40,-
o)	Kolta Viktor	40,-

a)	Ajdučić Josip	40,-
b)	Bosanca Tomo	40,-
c)	Cihlar Velimir	40,-
d)	Horad Velimir	40,-
e)	Dehović Vjekoslav	40,-
f)	Đikić Boris	40,-
g)	Tomić Miro	40,-
h)	Wolf Radenko	40,-
i)	Kisac Leonardo	40,-
j)	Prabke Peter	40,-

Sitna oprema koju je nabavljao prof. Lončar

- Tako je, primjerice, u akademskoj godini 1931./1932. prof. Lončar pedantno zabilježio u svojem laboratorijskom dnevniku sljedeću nabavljenu opremu: anodne baterije, čavli, dva fiksna otpora za pokuse, stezaljke za montažu, foto materijal za oscilografiranje, staklene čaše, tri drške za popravak ladica, mjedene šipke i razni instalacijski materijal za pokuse

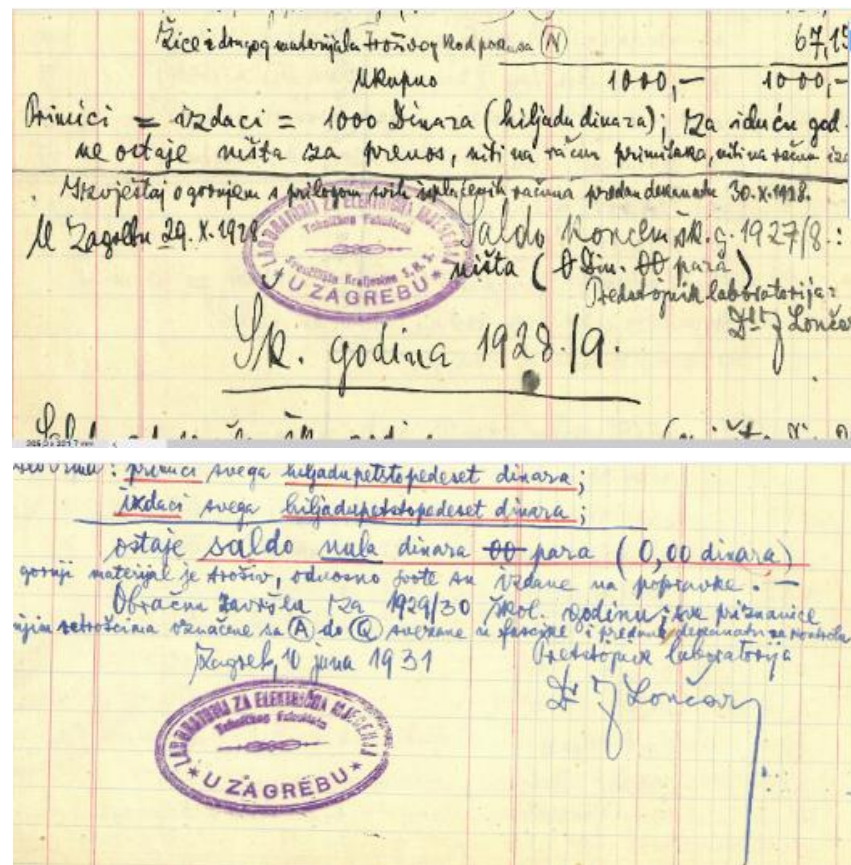
9) Du Varga, Zagb, $\frac{31}{X}$ 1932: anodne baterije
10) Du Varga, Zagb, $\frac{29}{X}$ 1932: materijal za alat, čavli itd.
11) Du Brubler, Zagb, $\frac{28}{X}$ 1932: staklena čaša (za pokuse)
12) Du Varga, Zagb, $\frac{16}{X}$ 1932: razni instalacijski materijal za pokuse
13) Du Graber, Zagb, $\frac{19}{X}$ 1932: 2 otpora fiksna, za pokuse
14) Du Radiotehnika, Zagb, $\frac{19}{X}$ 1932: 2 otpora fiksna, za pokuse
15) Du Radiotehnika, Zagb, $\frac{25}{X}$ 1932: stakleni za montažu
16) Du Vro Weiss, Zagb, $\frac{21}{X}$ 1932: foto-materijal za oscilografiranje
17) Du Chaudier, Zagb, $\frac{25}{X}$ 1932: mjedene šipke
18) Du Novis, Zagb, $\frac{2}{X}$ 1932: instalacijski materijal za pokuse

9. IX. 1933: A) Du Fogač, Zagreb: baterija, anodna, za pokuse
10. IX. " B) Du Griesbach, Zagreb: 1/2 tuceta mješovitih ploča za oscilograf.
10. IX. " C) Žive za eksperimente; Du Brubler, Zagreb
10. IX. " D) Tri drške za popravak ladica; Du Friederich, Zagreb
30. IX. " E) 2 kutke LK žice (za referenciju); Du Novis, Zagreb
1. X. " F) Valovite žice za potamnič zoba; Du Klugl, Zagreb
2. XI. G) 2 Gamblel razvojnica, popravak; Du Kinkin, Zagreb

Suma: 100

Evidencija na kraju godine

- Na kraju svake akademske godine vodio je i evidenciju koliko je sredstava ukupno prikupljeno, koliko utrošeno kako bi znao stanje računa za sljedeću akademsku godinu i takvo je izvješće slao Upravi Sveučilišta



Organizacija laboratorijskih vježbi

- Profesor Lončar je s nabavljenom opremom, organizirao laboratorijske vježbe kao demonstracijske.
- Studente je grupirao u grupe po četvero, a svaka je grupa imala pokazivača (demonstratora) i „vođu“.
- Kompliciranije vježbe ili vježbe proizašle iz njegovih istraživanja Lončar je sam demonstrirao na svojim predavanjima.
- Prema sjećanju Dušana Vujevića, umirovljenog profesora sa Zavoda za osnove elektrotehnike i električka mjerenja, a ujedno i bivšeg studenta Josipa Lončara, vježbe su bile pokazne, a odvijale su se u prostoriji pored predavaonice. Za pristup ispitu trebali su se napisati referati po temama vježbi te ih predati s prijavnicom za ispit. Ti su se referati nakon položenog ispita vraćali, ali probušeni. Bušili su ih, pretežito laborant Günther Reisser pod nadzorom Lončara iako ih je znao bušiti i Lončar osobno.



Laboratorijske vježbe za EM I I

EM II

- Laboratorijske vježbe bile su organizirane od početka za jednosemestralni predmet Električna mjerenja, a nakon što se Lončar oslobodio obveze predavanja u gimnaziji, 1934. godine proširuje predmet „Električna mjerenja“ na dvosemestralni i organizira pokazne vježbe i za taj semestar.
- Od 1934. u dokumentaciji dijeli laboratorijske vježbe i predmet na Električna mjerenja I i Električna mjerenja II (EM I i EM II).



Laboratorijske vježbe na predmetu Električna mjerenja I

- U sklopu jednosemestralnog predmetu „Električna mjerenja“ bilo je 12 laboratorijskih vježbi.
- Popis je moguće tek djelomično navesti jer Upute za praktikum koje Lončar sam na nekoliko mjesta spominje, nažalost, nisu pronađene u njegovoj ostavštini.
- U ostaloj su dokumentaciji laboratorijske vježbe u većini slučajeva navedene samo prema rednom broju izvođenja.
- Primjer listića s navedenom I vježbom Wheatstoneov most

Zimski semestar 1934/35 Elektr. mjerenja

Grupe:

A	B	C
Srb Stan./S	Svoboda Drag./S	Seseglia Jos./E
Rogulja Ljub./S	Püzy Vil./S	Mužina Gjuro/E
Kindzelew.H./S	Šimunčić Br./S	Glavočić Ivo/E
Wickerh. Mir./S	Engel Oto/S	Matjan Ljud./E

D	E	F
Samakovič H./S	Matačković Zv./E	Glačić Alfr./E
Zidovec Ern./E	Laub Zygfr./E	Blažeković B./S
Fließsig Alb./E	Spira Jos./S	Szlavy Janos/S
Mažuranić K./E	Krstić Marij./E	Jelušić Fed./E
		Hidvegi Franjo/E

Zeleno označeni uzeti su kao pokazivači (zajedno sa g. Mayerom Drag. koji je lane imao upisana E.M.). Vo-dje grupa označene su crveno.

Rad po grupama:

Sve grupe (A do F): Dne 27.10.34. skupno Wheatstone-ov most (vježba I).

Zatim radjeno po shemi:

Dne	3.H	4.H	5.H	Dne
I/VII	A/D	B/E	C/F	IV/VIII
III	B/E	C/F	A/D	VI
Va)b)	C/F	A/D	B/E	VII

----- Božićni praznici -----

Dne		Dne
X	3 grupe i to: + rađeno u 10.00 h	3 grupe i to: + rađeno kao XI, ali u 10.00 h
XI	3 grupe i to: + rađeno u 10.00 h	3 grupe i to: + rađeno kao X, ali u 10.00 h

Evidencija slušača:

Vj.	Dne	Manjkalj iz grupe
27.10.	Matijević Glavočić i;	
3.11.	Engel B.; no nadoknađeno 10.11.	
10.11.	—	
17.11.	Praznik: 40-dn. pomen Kr. Aleks. (nije bilo vješt)	
15.12.	Fazy B. i...	

19. I. p. p. u 10.00 h 2. grupe K. i...
21. I. p. p. u 10.00 h 2. grupe K. i...
26. I. p. p. u 10.00 h 2. grupe K. i...

Zadužnice za opremu

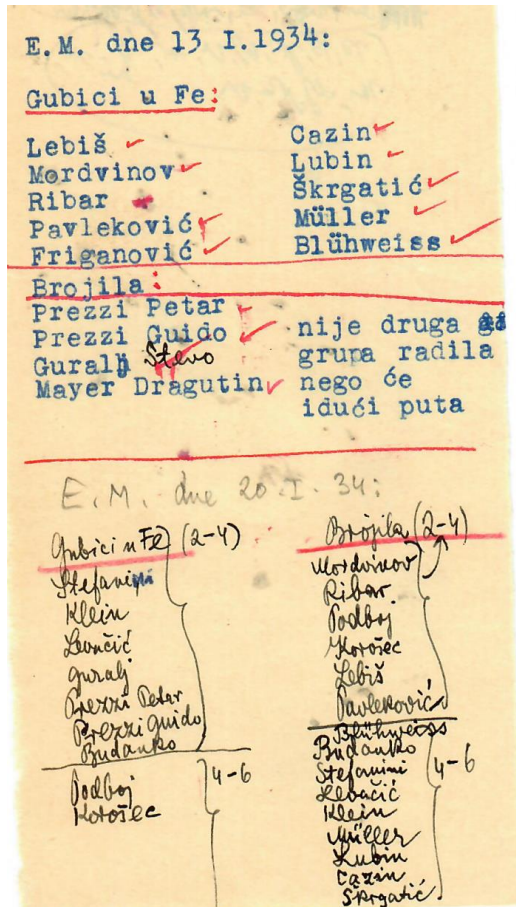
- Prema Lončarevoj zadužnici iz 1946. godine, vidi se da je II. vježba bila „Thomsonov most“,

Zadužnica po vježbi II
1 kom kompletni Th. dvostruki most S.H. br. 18
1 - - - otpu broj 396/1 ✓
LpL, 5. XI. 1946



Gubici u željezu

- Dok su neke vježbe jasno numerirane, neke se pak spominju bez numeracije. Primjerice, vježba „Gubici u željezu“ spominju se u dokumentu iz 1934. godine bez rednog broja.



Balistički galvanometer i metoda za mjerenje B-H krivulje

- Vježba „Balistički galvanometer“ se spominje u Lončarevim dnevnicima 1948. godine, ali također bez rednog broja
- Vježba „Balistička metoda za mjerenje $B=f(H)$ “ se 1933. godine spominje kao X. vježba.

Prisutni na vježbi BALISTICKI GALVENOMETAR dne 8.12.48.-
liš Nikola IV. b 1706 34.) Makovčić Ivan IVb 1781

Dne 16-12-33 Zajedn. vj. X. Balist. metoda za $B=f(H)$

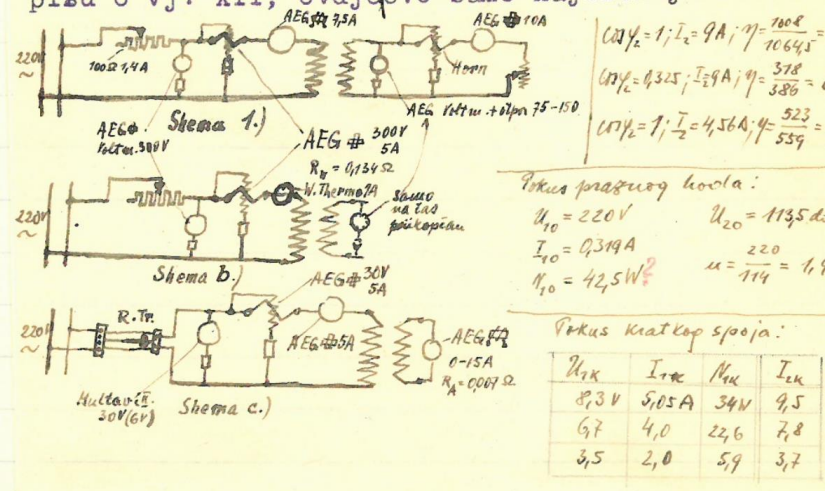


XII vježba Mjerenje jednofaznog učina

- XII vježbu Josip Lončar daje detaljan opis i shemu, a naziva ju „Mjerenja jednofaznoga učina (snage)“.
- U Uputama za laboratorijske vježbe Vojislava Bege iz 1958. godine XI. i XII. vježba nazivaju se „Mjerenje snage i gubitaka u željezu“ pa je za pretpostaviti da je XI. vježba i kod Lončara bila „Gubici u željezu“ a XII. „Mjerenje snage“ što sugeriraju i sheme spajanja na slici

29-I-37:

Privedjivanje vježbe XII E.M.I. Mjerenja jednofaznoga učina (na trafou 220/110 i kVA) Najprije mjeriti po shemi 1) primarni i sekundarni učin i računati. Zatim po shemi b) načinio pokus pr. hoda, a po shemi c) načinio pok. kr. spoja i odatle izračunao gubitke za η kod raznih $\cos \varphi$. Poblje na posebnom pišu o vj. XII, ovdjevo samo najbitnijih rezultata.



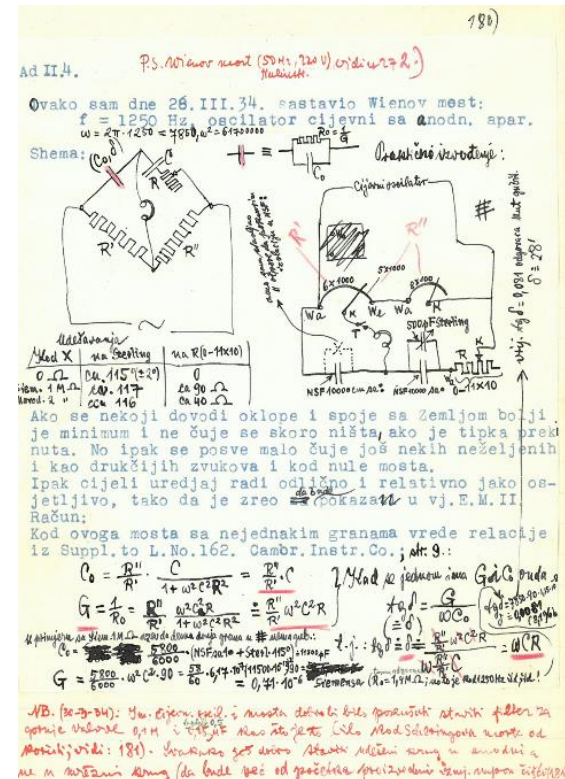
Popis vježbi na predmetu EM I

- Na temelju bilješki u Lončarevim dnevnicima i analizom ostalih dostupnih materijala prije svega Uputa za laboratorijske vježbe (1957.) Vojislava Bege, popis Lončarevih vježbi na predmetu Električna mjerenja I s velikom vjerojatnošću je sljedeći:
- Wheatstoneov most s kliznom žicom (Univerzalni galvanometar)
- Thompsonov most
- Mjerenje UI metodom malih srednjih i velikih otpora (samo zadužnica)
- Mjerenje velikih i izolacijskih otpora
- Kompenzacija kod istosmjerne struje (samo zadužnica)
- Balistički galvanometar
- Brojila
- Snimanje krivulje prvog magnetiziranja i krivulje histereze balističkim galvanometrom
- Mjerenje snage
- Mjerenje gubitaka u željezu



Laboratorijske vježbe na EM II kod Josipa Lončara

- Od uvođenja dvosemetralnog predmeta 1934. godine Josip Lončar uvodi u nastavu i laboratorijske vježbe za predmet Električna mjerenja II.
- Vježbe su uglavnom proizašle iz njegovih znanstvenih istraživanja i pokusa. Većinom demonstracijske, bile su prikazane na samim predavanjima.
- Jedna od tih vježbi bila je "Mjerenje Wienovim mostom", navedena kod Lončara pod rednim brojem III, a koju je posebno izdvojio Vojislav Bego u svojem prilogu za knjigu „Josip Lončar – život i djelo“



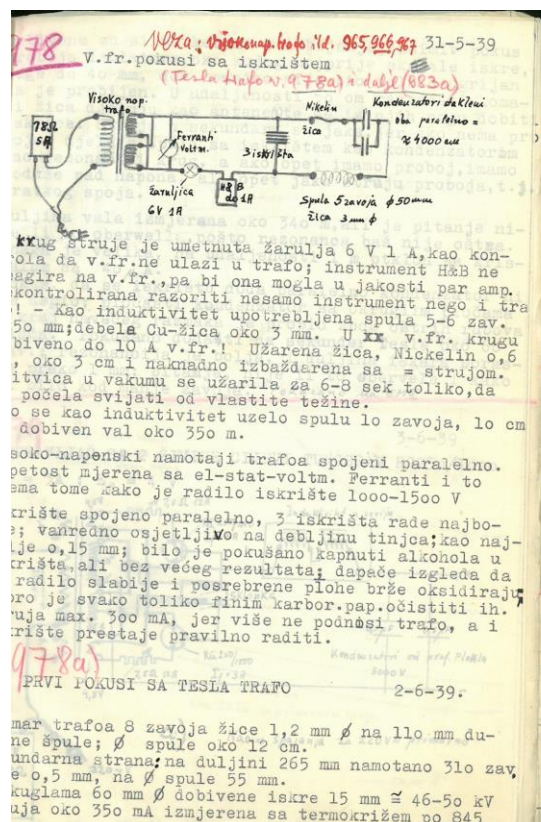
Primjer drugih vježbi za predmet EM II

7.VI.1934 214
Pokusi koji će biti izvedeni na E.M.II idući četvrtak: Mjerenja „površin“ i „unut“ otpora izolatora na pr. kamenja, pločica drveta, itd. Radio ovako: Povr. otpor mjerio aparatom po VDE, ali uzeo 1500 V — anodni aparat od Ardenne cijevi. Ovaj daje posve neopterećen oko 1600 V, ali se napon može smanjiti prikladnim paralelnim opterećenjem, no vrlo mnogo megoma ono mora biti!! Inače napon silno padne već kod 1 megoma skoro na nulu. Možda najbolje bi bilo kao promjenljivi veliki otpor uzeti jednu radio-cijev s promjenljivim grijanjem kako se to radi u linear time axis katodn. oscillografa. (To još nisam kušao). No može se za kvalitativnu orijentaciju raditi i sa 1600 V koji kod nešto lošijih površnih ~~izolacija~~ izolacija padnu na 1400 V ili ostanu iznad 1500 već prema tvari. Onda pazi: možeš za tinjac, mramor itd. uzeti mikroampermetar Wessinghouse, pa još nekako i za škrljevac, ali za one najlošije crne papire iz "Kontakta" ne, jer tu već treba 250-0-250 Ferranti, a kod lošega škrljeva čak treba i Siemens-mA 0-30 mA, no onda napon već padne da 3000 V elektrostatski, voltm. daje $\alpha=0$



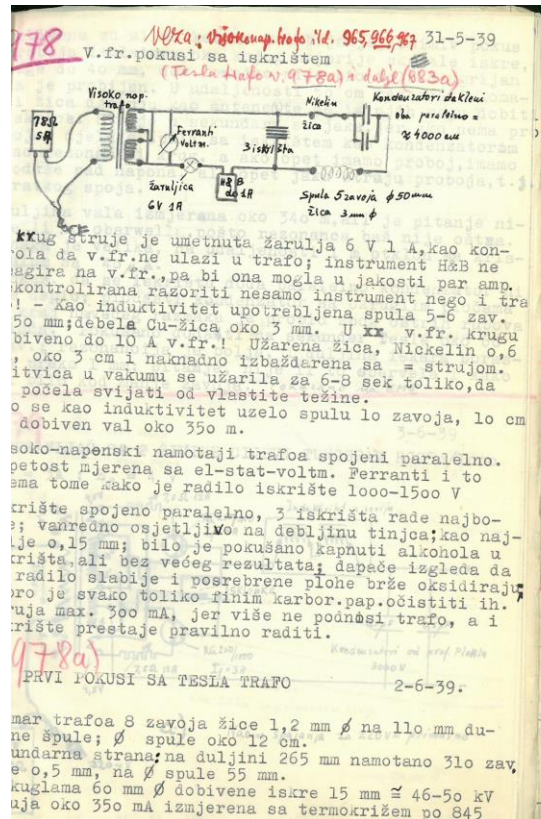
Zaključak

- Zanimljivo je pratiti određene vježbe kroz, u slučaju Zavoda za osnove elektrotehnike i električka mjerenja (ZOEM), skoro pa stoljeće izvođenja.
- Unatoč nepotpunoj dokumentaciji, nekim se vježbama može prikazati povijesni (dis)kontinuitet sve do sadašnjosti. Primjerice, „Mjerenje visokih napona kuglastim iskrištem“ Josip Lončar je izveo na predavanjima iz EM II 1939. godine, a isti je pokus kasnije bio dijelom laboratorijskih vježbi iz kolegija Mjerenja u elektrotehnici na dva modela izrađena šezdesetih godina.



Zaključak

- Zanimljivo je pratiti određene vježbe kroz, u slučaju Zavoda za osnove elektrotehnike i električka mjerenja (ZOEM), skoro pa stoljeće izvođenja.
- Unatoč nepotpunoj dokumentaciji, nekim se vježbama može prikazati povijesni (dis)kontinuitet sve do sadašnjosti.
- Primjerice, „Mjerenje visokih napona kuglastim iskrištem“ Josip Lončar je izveo na predavanjima iz EM II 1939. godine, a isti je pokus kasnije bio dijelom laboratorijskih vježbi iz kolegija Mjerenja u elektrotehnici na dva modela izrađena šezdesetih godina.



Zaključak

- Vježba je kao dio nastavnog programa bila prisutna sve do ukidanja predmeta 2005. godine.
- Zanimljivo, obnovila su se u akademskoj godini 2024./2025. na inicijativu prof. Luke Ferkovića, trenutnog voditelja laboratorijskih vježbi kolegija Mjerenja u elektrotehnici.

