

ELEKTROTEHNIKA

ZBIRKA VAJ

**ŠTUDIJSKO GRADIVO ZA ŠTUDENTE
PEDAGOŠKE FAKULTETE V LJUBLJANI**

JANEZ JAMŠEK

ŠTUDIJSKO LETO 2005/2006

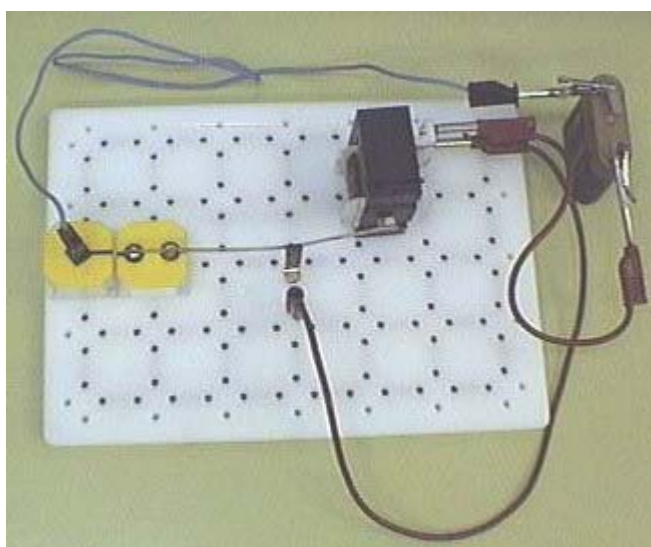
KAZALO

1. MODEL HIŠNEGA ZVONCA.....	2
2. MODEL ENOSMERNEGA ELEKTROMOTORJA.....	3
3. ENOSMERNI MOTOR KOT GENERATOR.....	3
4. IZKORISTEK ENOSMERNEGA ELEKTROMOTORJA.....	4
5. IZKORISTEK ELEKTRIČNEGA GENERATORJA (DINAMA).....	5
6. PRENOS ENERGIJE PREKO VISOKONAPETOSTNIH VODOV	6
7. ELEKTRIČNA INSTALACIJA.....	8
8. ENOSMERNI ELEKTROMOTOR.....	9
9. TROFAZNI ASINHRONSKI ELEKTROMOTOR	9
10. ENOFAZNI ASINHRONSKI ELEKTROMOTOR	11
11. NAVIDEZNA, DELOVNA IN JALOVA MOČ	11
DODATNA NAVODILA ZA DELO!.....	12

1. MODEL HIŠNEGA ZVONCA

➤ Sestavite model hišnega zvonca.

Model hišnega zvonca sestavimo iz elementov zbirke za elektrotehniko. Sestavimo elektromagnet (jedro in navitje), prožen bakren trak z železnim predmetom (matico), da tok iz vira napetosti (4,5V) teče skozi bakreni trak in elektromagnet, slika 1.1. Predno priključimo vir napetosti naj bo matica blizu železnega jedra, bakreno pero pa naj se komaj dotika traku.



Slika 1.1: Model hišnega zvonca.

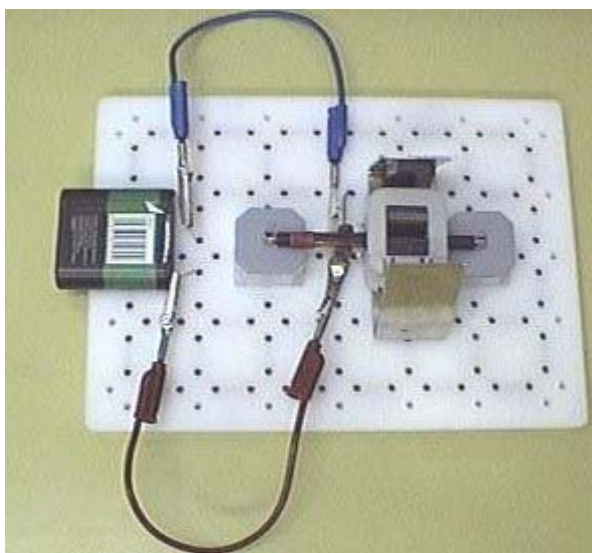
Ko steče električni tok, elektromagnet privlači železen predmet. Zaradi sile, ki nanj deluje, se prekine električni tok. Ker je električni krog skozi elektromagnet prekinjen, sile ni in zaradi prožnosti se trak vzravna in spet sklene električni krog.

2. MODEL ENOSMERNEGA ELEKTROMOTORJA

- Sestavite model enosmerne generatorja.
- Zamenjajte smer toka (oz. polariteto priključkov vira napetosti).
- Spremenite smer magnetnega polja statorja (prestavite magneta, vse možne kombinacije).

Preprost model enosmernega elektromotorja je sestavljen iz statorja, rotorja in kolektorja, slika 2.1. Ohišju elektromotorja skupaj z izvorom magnetnega polja rečemo *stator*. Trajni magnet na statorju elektromotorja ustvari magnetno polje. Vrteči del elektromotorja je *rotor*, na njem je veliko ovojev vodnika, ki je na svoji površini izoliran, tako da električni tok teče po celotni dolžini žice in kljub temu, da se ovoji dotikajo, tok ne teče med sosednjima ovojem. Tok skozi navitje rotorja je razlog, da na rotor delujejo sile tako, da se vrti.

Stator naredimo z ukrivljeno jekleno pločevino in na notranji stranici namestimo dva trajna magneta. Pomembno je vedeti, da imata magneta pola na največjih stranicah kvadra. Obrnimo ju tako, da severni pol (oznaka N; angl. north) enega magneta gleda proti južnemu polu (oznaka S; angl. South) drugega magneta. Stator tako ustvari magnetno polje, v katerega postavimo navitje z železnim jedrom v sredini (rotor). Naš kolektor naj sestavljata le dva bakrena priključka, katerih se dotikata prožni peresi iz bakra (drsna kontakta). Električni tok steče preko drsnih kontaktov do kolektorja in od kolektorja skozi navitje rotorja. V trenutku priključitve vira napetosti naj bo ravnina ovojev vodoravna oz. os tuljave navpična. Če se noče zavrteti, je potrebno povečati napetost vira ali zmanjšati trenje v vpetišču gredi rotorja.



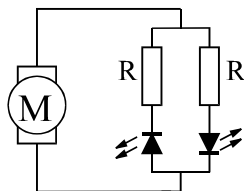
Slika 2.1: Model enosmernega elektromotorja.

3. ENOSMERNI MOTOR KOT GENERATOR

Zavrtite rotor elektromotorja v eno smer in nato v drugo in opazujete:

- Ali je inducirana napetost pri vrtenju v stalno smer enosmerna ali izmenična?
- Kakšen je vpliv smeri vrtenja rotorja na inducirano napetost?

Elektromotor in generator imata oba navitje in trajni magnet, in sta si po sestavi zelo podobna. Najbolj očitna razlika je v njuni funkciji: elektromotor pretvarja električno energijo v mehansko, generator pa mehansko energijo v električno. Ugotovili smo, da ima enosmerni elektromotor stator s trajnim magnetom in rotor z navitjem. Ko skozi navitje rotorja teče električni tok nanj deluje magnetna sila tako, da se vrti. Kaj se zgodi, če vrtimo rotor enosmernega elektromotorja misleč da je generator? Na navitje elektromotorja pa priključimo električni porabnik. Naj bosta sprva to dve svetleči diodi s predupornikoma vezani vzporedno in postavljeni v nasprotnih smereh, slika 3.1.



Slika 3.1: Delovanje elektromotorja kot generator, levo stikalni načrt in desno postavitev eksperimenta.

4. IZKORISTEK ENOSMERNEGA ELEKTROMOTORJA

- Izmerite izkoristek enosmernega elektromotorja. Izpolnite tabelo pri konstantni (tekom dviganja ene uteži) napetosti motorja (U) in za isto višino (h) dviganja uteži pri masah uteži od 50g s korakom 50g do 450g.

U/V	m/kg	I/A	t/s	P_{el}/W	W_{el}/J	W_{meh}/J	$\eta/\%$

- Narišite graf odvisnosti izkoristka od mase $\eta(m)$ in električne moči od mase $P_{el}(m)$.
- Kolikšna približno naj bo masa, če naj bo izkoristek kar najboljši?
- Kako je električni tok odvisen od obremenitve motorja?

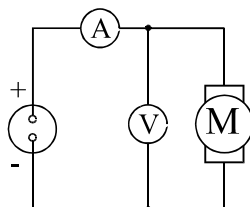
Za varčno uporabo elektromotorja je ključnega pomena, kolikšen delež vložene električne dela vrne v obliki mehanskega. Pri dvigu bremena z maso m na višino h , opravi elektromotor mehansko energijo:

$$W_{meh} = mgh. \quad (4.1)$$

V času t dviganja bremena je skozi elektromotor tekel tok I pri napetosti U . Električna energija je bila enaka električni moči $UI = P_{el}$ krat čas t dviganja:

$$W_{el} = UIt. \quad (4.2)$$

Meriti moramo torej tok skozi motor in napetost na njem, slika 4.1.



Slika 4.1: Stikalni načrt.

Izkoristek η je delež mehanske energije, ki jo opravi elektromotor pri vloženi električni energiji. Običajno ga podamo v %, zato kvocient množimo s 100:

$$\eta = \frac{W_{meh}}{W_{el}} = \frac{mgh}{UIt} \cdot 100\% . \quad (4.3)$$



Slika 4.2: Postavitev eksperimenta.

Napotek za delo:

Napetost na motorju naj bo konstantna tekom meritve. Za različne meritve pa se lahko razlikuje. Nastavite jo, tako da bo motor dvignil utež za višino 1 m v najmanj 1 sekundi (daljši čas meritve točneje izmerite) in da bo elektromotor še dvignil največjo utež (naj ne bo zatikanja v dvigovanju). Merilo za merjenje časa dvigovanja uteži naj bo postavljeno tako, da je med dviganjem uteži tok približno nespremenjen (ne začnite meriti od tal, temveč po prehodnem pojavu). Za merjenje časa uporabite elektronsko štoparico. Izkoristek računajte sproti. Slabe meritve ponovite.

5. IZKORISTEK ELEKTRIČNEGA GENERATORJA (DINAMA)

- Izmerite izkoristek dinama. Izpolnite tabelo za tri različna bremena, oziroma upornosti, pri enaki višini h spuščanja uteži z različnimi masami uteži (vsaj tremi).

R/Ω	m/kg	U/V	t/s	P_{el}/W	W_{el}/J	W_{meh}/J	$\eta/\%$

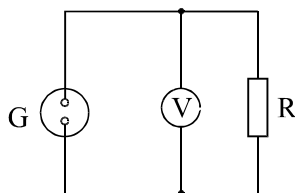
- Narišite grafe odvisnosti izkoristka dinama od mase uteži $\eta(m)$ in graf električne moči od mase uteži $P_{el}(m)$ za posamezna bremena na skupen graf.
- Ugotovite pri katerem bremenu R in kateri masi ureži dobimo najboljši izkoristek.
- Spustite utež pri kratko sklenjenih sponkah dinama $R=0 \Omega$.

Generator je dober takrat, kadar čim večji delež mehanske energije pretvori v električno energijo. Padajoča utež z maso m naj poganja rotor dinama. Pri padcu za višino h opravi sila teže mehansko energijo:

$$W_{meh} = mgh . \quad (5.1)$$

Med sponki dinama priključimo upor R . Električna energija je električna moč P krat čas t :

$$W_{el} = \frac{U^2}{R} \cdot t . \quad (5.2)$$



Slika 5.1: Stikalni načrt.

Izkoristek η je delež električne energije, ki jo dobimo pri dani vloženi mehanski energiji, izražen v procentih:

$$\eta = \frac{W_{el}}{W_{meh}} = \frac{U^2 t}{Rmgh} \cdot 100\% . \quad (5.3)$$

Napotek za delo:

Želeli bi ugotoviti izkoristek generatorja pri bremenu 0Ω , $\infty \Omega$ in neki vmesni, optimalni upornosti, pri kateri bi dobili najboljši izkoristek. Dejansko pomerite izkoristek za tri različne upore R , ki jih imate na razpolago. Najmanjšo utež izberite tako, da se bo dinamo vrtelo brez zatikanja, največjo pa tako veliko, da bo bil čas padanja za 1 m najmanj sekundo. Okvirno so to vrednosti za mase uteži nekje od 100 g do 400 g. Zardi lažjega določevanja optimalnega bremena in uteži, **sproti** izračunavajte izkoristke in narišite graf $\eta(m)$ z uporabo osebnega računalnika.

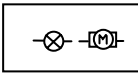


Slika 5.2: Postavitev eksperimenta.

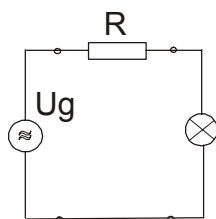
6. PRENOS ENERGIJE PREKO VISOKONAPETOSTNIH VODOV

- Zvežite stikalni načrt na sliki 6.1. Za upornost vodov (R) uporabite upornik 47Ω , izmenična napetost napajanja naj bo 6V, za žarnico pa uporabite 1,2V, 0,1A. Določite moč, ki se izgublja na R !
- Zvežite stikalni načrt na sliki 6.3 in pri enaki upornosti vodov ter bremenu določite moč, ki se izgublja na R !

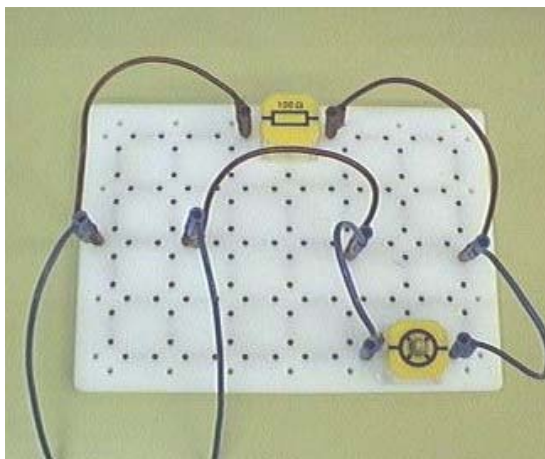
Predstavljamo si, da je med generatorjem (elektrarna) in električnim porabnikom dolg vodnik. Zaradi velike dolžine je upornost vodnikov R znatna. Pri prenosu električne energije napetost povečajo za prenos na večjih razdaljah in jo pred električnim omrežjem, ki vodi do končnih uporabnikov, spet zmanjšajo. Naredimo model. Vir izmenične napetosti



(lahko kolesarski dinamo) povežemo z žarnico preko upora R , ki ponazarja upornost dolgih vodnikov. Izberemo tako napetost, da žarnica komaj vidno brli.

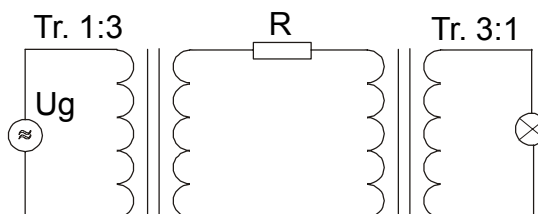


Slika 6.1: Stikalni načrt modela prenosa energije preko dolgih vodnikov, katerih upornost predstavlja upor R , do bremena (žarnice).

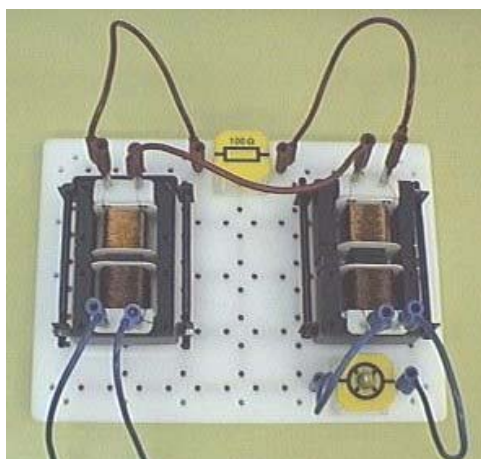


Slika 6.2: Postavitev eksperimenta modela prenosa energije preko dolgih vodnikov.

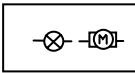
Isti vir napetosti priključimo na transformator, ki napetost poveča, preko enakega upora R povežemo sekundarno tuljavo transformatorja s primarno tuljavo drugega transformatorja, ki napetost zniža v enakem razmerju (3:1), kot jo prvi transformator poveča (1:3). Na sekundarno tuljavo drugega transformatorja priključimo žarnico.



Slika 6.3: Stikalni načrt modela prenosa energije preko dolgih vodnikov z uporabo transformatorjev.



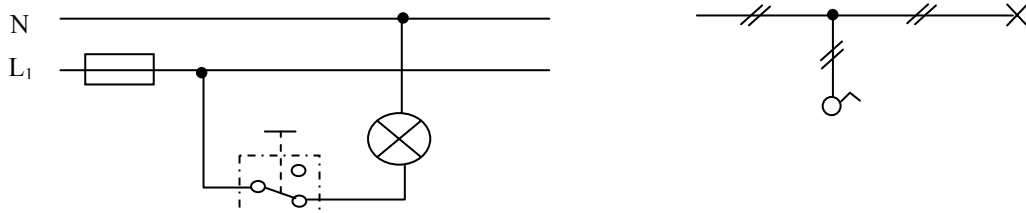
Slika 6.4: Postavitev eksperimenta modela prenosa energije preko dolgih vodnikov z uporabo transformatorjev.



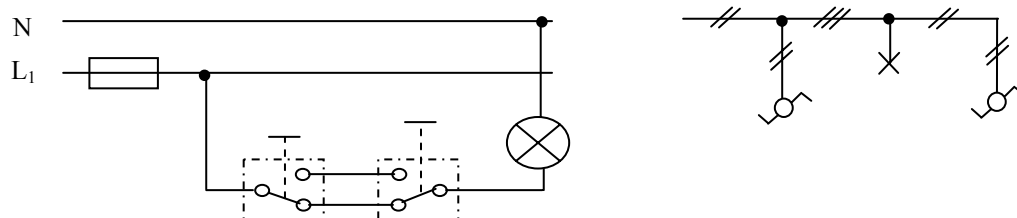
7. ELEKTRIČNA INSTALACIJA

Po podani vezalni shemi realizirajte vezave za:

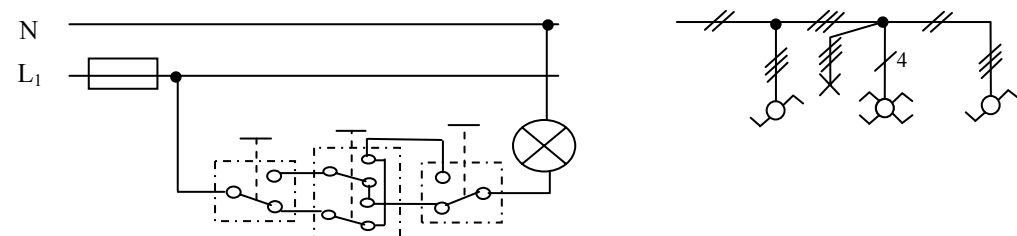
- A: vklop in izklop ene žarnice iz enega mesta.
- B: vklop in izklop ene žarnice z dveh mest.
- C: vklop in izklop žarnice s treh mest.
- D: vklop in izklop dveh žarnic z enega mesta.



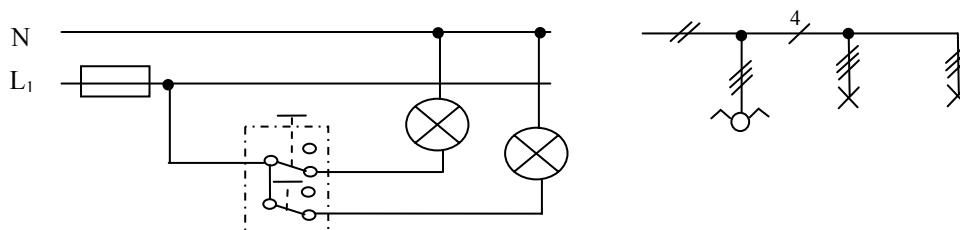
Slika 7.1: A: vklop in izklop ene žarnice iz enega mesta.



Slika 7.2: B: vklop in izklop ene žarnice z dveh mest.



Slika 7.3: C: vklop in izklop žarnice s treh mest.



Slika 7.4: D: vklop in izklop dveh žarnic z enega mesta.



Slika 7.5: Levo enopolno stikalo in desno menjalno stikalo.



Slika 7.6: Levo križno stikalo in desno serijsko stikalo.

8. ENOSMERNI ELEKTROMOTOR

- **A: Določite konstanto tahogeneratorja!**
- **B: Opravite preskus prostega teka elektromotorja! (Povečujte napetost v korakih po 5V, merite število vrtljajev gredi motorja ter tok skozi navitje.) Rezultate prikažite tudi grafično $U_{ig}(\omega)$, $U_{vh}(\omega)$.**
- **C: Opravite obremenilni preskus elektromotorja pri napetosti 10V, 20V! Silo povečujte od 0 N v korakih po 0,5 N do take vrednosti, da motor še ne blokirate. Kot vir napetosti uporabite stabilizirani usmernik! Grafično prikažite odvisnost navora $M(I)$ in vrtilne hitrosti od toka $\omega(I)$.**

Tabela 8.1: K točki B:

U_{vh}/V	I/A	U_{ig}/V	$n/obr. na min$

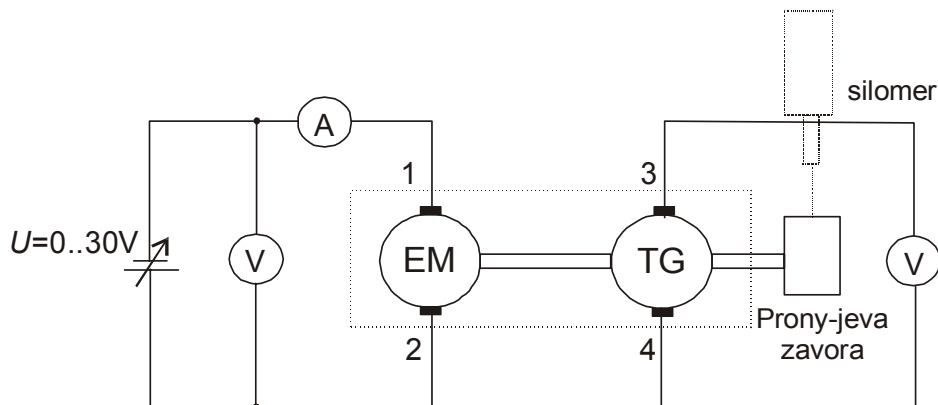
Tabela 8.2: K točki C:

U_{vh}/V	I/A	F/N	M/Nm	U_{ig}/V	ω/Hz	$n/obr. na min$	P_{el}/W	P_{meh}/W

Konstanto tahogeneratorja izračunate:

$$k = \frac{U_i}{\omega}, \quad \omega = \frac{2\pi n}{60}, \quad (8.1)$$

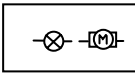
kjer je U_i inducirana napetost, n obrati na minuto in ω vrtilna hitrost. Polmer vretena $r=4cm$.



Slika 8.1: Stikalni načrt.

9. TROFAZNI ASINHRONSKI ELEKTROMOTOR

- **Izračunajte nazivni slip motorja s pomočjo podatkov na tablici!**
- **Napravite preskus praznega teka asinhronskega motorja! Napetost povečujete od 0V v korakih po 40V do 220V.**
- **Napravite obremenilni preskus trifaznega asinhronskega motorja s pomočjo Prony-jeve zavore. Izpolnite tabelo z vsaj petimi različnimi meritvami. Grafično pokažite odvisnost $\cos\phi(M)$, $I(M)$, $\eta(M)$, delovne moči $P_d(M)$ in vrtilne hitrosti $\omega(M)$ od navora.**



- **Računsko določite tok pri kratkostični obremenitvi, v primeru, da je na sponkah motorja nazivna napetost (pri kratkem stiku lahko izmerimo napetost pri nazivnem toku, potem pa to interpoliramo na nazivno napetost).**

Slip izračunate po enačbi:

$$s = \frac{f_s - f_R}{f_s}, \tag{9.1}$$

kjer se nanaša indeks S na stator in R na rotor.

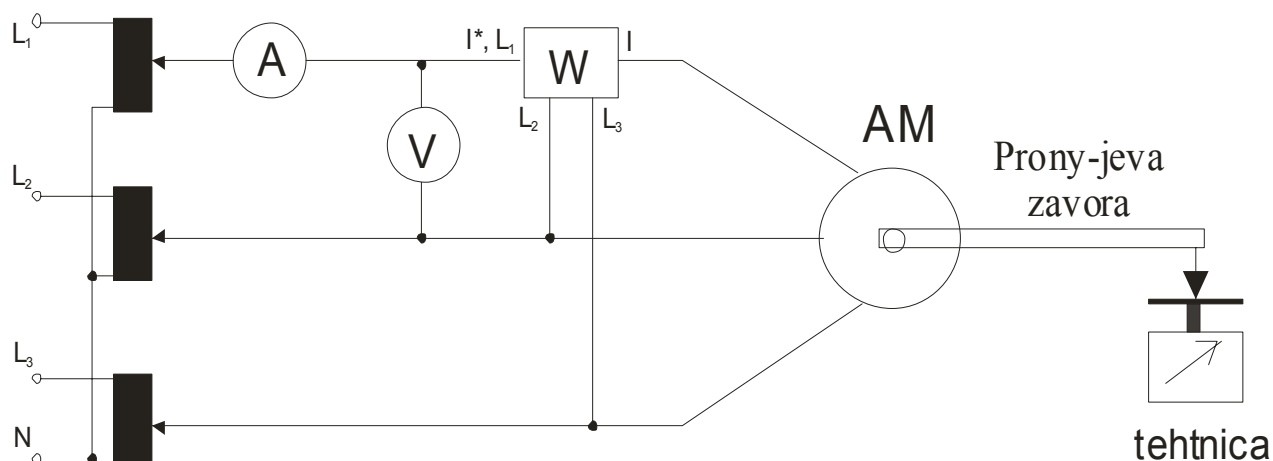
Izkoristek pa po enačbi:

$$\eta = \frac{P_m}{P_d}, P_m = M\omega, P_n = \sqrt{3}UI, \cos\varphi = \frac{P_d}{P_n}, \tag{9.2}$$

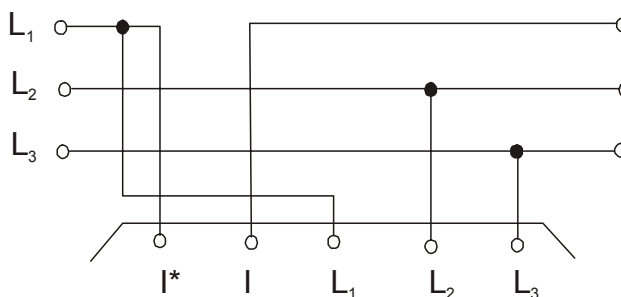
kjer pomeni m kot mehanska, d kot delovna in n kot nazivna moč. Ročica Prony-jeve zavore znaša $r=40\text{cm}$, maksimalni dovoljeni tok $I_{max}=1,1\text{A}$.

Tabela 9.1:

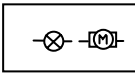
m/kg	F/N	M/Nm	I/A	P_d/W	P_n/W	P_m/W	$n/\text{obr. na min}$	ω/Hz	$\cos\varphi$	η



Slika 9.1: Stikalni načrt.



Slika 9.2: Vezava W-metra tipa MI7031 ISKRA.

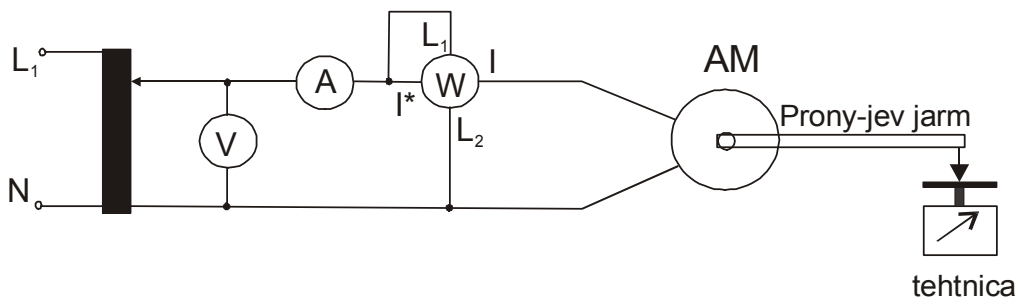


10. ENOFAZNI ASINHRONSKI ELEKTROMOTOR

- **Napravite obremenilni preskus asinhronskega motorja s pomožno fazo s pomočjo Prony-jeve zavore. Silo povečujte od 0 N v korakih po 1 N do take vrednosti, da motor še ne blokirate. Grafično pokažite odvisnost $\cos\varphi(M)$, $I(M)$, $\eta(M)$, delovne moči $P_d(M)$ in vrtilne hitrosti $\omega(M)$ od navora.**
- **Izmerite podatke kratkega stika! Kratak stik izvedite pri znižani napetosti tako, da ne presežete maksimalnega dovoljenega toka! Določite tok, ki bo tekkel skozi motor, če bo ta v kratkem stiku in je priključen na nazivno napetost.**

Tabela 10.1:

I/A	F/N	M/Nm	P_d/W	P_n/W	P_m/W	$n/obr. na min$	ω/Hz	$\cos\varphi$	$\eta/\%$

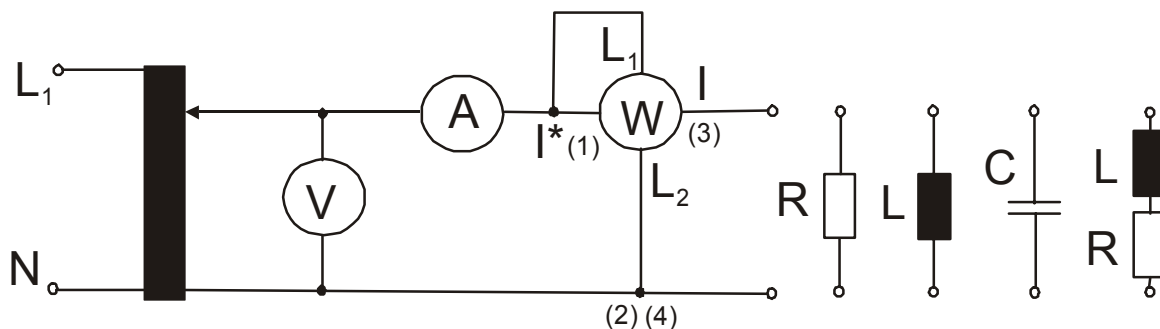


Slika 10.1: Stikalni načrt.

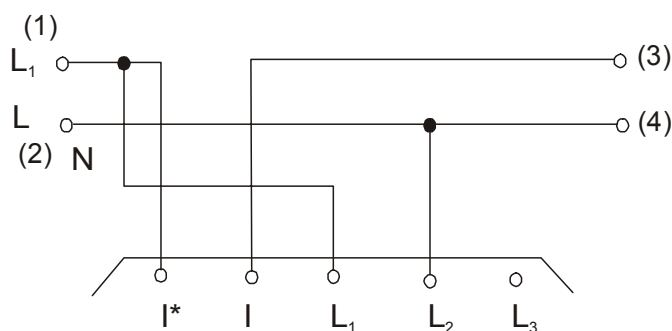
Ročica $r=4cm$, nazivna napetost 220V, največji dopustni tok pa $I_{max}=0,8A$.

11. NAVIDEZNA, DELOVNA IN JALOVA MOČ

- **Za podana različna bremena upor R , kondenzator C in dušilko L izmerite delovno, navidezno in jalovo moč ter $\cos\varphi$, za $U=220 V$. Pri vsaki od vezav narišite tudi ustrezen kazalčni diagram!**



Slika 11.1: Stikalni načrt.



Slika 11.2: Vezava W-metra tipa MI7031 ISKRA.

DODATNA NAVODILA ZA DELO!

1. Opozorilo

Ker pri eksperimentih iz elektrotehnike uporabljamo omrežno napetost 220V/380V, se je potrebno primerno obnašati. Študent, ki ni preštudiral gradiva v katerem ga seznanjamo z nevarnostmi pri delu z napravami pod napetostjo in z zaščitnimi ukrepi pred učinki električnega toka, nima pravice sodelovati pri vajah!

2. Splošno navodilo za delo pri vajah

2.1 Pred sestavljanjem vezja postopajte:

- Stikalo za napajanje na delovnem mestu postavimo v pozicijo izklopljeno, to je 0 (indikator napajanja ne sveti).
- Vse napetostne vire, ki jih uporabljate kot so ŠMI-03 vira U_1 in U_2 , variake in ostale napetostne vire, nastavite na napetost 0V.
- Sestavite vezje po shemi.
- Vklopite stikalo za napajanje na delovnem mestu.
- Vklopite napetostne vire, ki jih uporabljate kot so variaki, ŠMI-03 vira in ostali viri.
- Zvišujte napetost od 0V do zelene napetosti.

2.2 Pri razstavljanju vezja postopajte:

- Nastavite napetost uporabljenih napetostnih virov kot so variaki, ŠMI-03 vira in ostali na napetost 0V.
- Vse napetostne vire, ki ste jih uporabljali kot so ŠMI-03 vira U_1 in U_2 , variake in ostale napetostne vire, nastavite na napetost 0V.
- Izklopite napetostne vire, ki ste jih uporabljali kot so variaki, ŠMI-03 vira in ostali napetostni viri.
- Stikalo za napajanje na delovnem mestu postavimo v pozicijo izklopljeno, to je 0 (indikator napajanja ne sveti).
- Razstavite vezje.

2.3 Tekom izvajanja vaje

- Ne dotikajte se neizoliranih delov vezic.
- Ne spreminjajte vezja ne da bi postopali predhodno kot pri postopku razstavljanja, alineje od a) do d).
- Ne dotikajte se premikajočih se delov, kot naprimer osi motorja, vetrnice.

3. Navodilo za rokovanje s Prony-jevo zavoro pri vajah 8 in 10

- Izvedite korake pod 2.1 od a) do c).
- Namestite vrvico s katero realizirate Prony-jevo zavoro v ustrezen položaj in jo držite kar se da pravokotno na os motorja.
- Nadaljujte s koraki 2.1 od d) do f).

Če se zgodi, da vam uide vrstica iz kolesa na osi motorja in se vam začne ovijati okoli osi motorja, potem nemudoma spustite vrstico in izvršite 2.1 a).

4. Navodilo za rokovanje s Prony-jevo zavoro pri vaji 9

- Izvedite korake pod 2.1 od a) do c).
- Namestite lesene klešče okoli kolesa na osi motorja s katerimi realizirate Prony-jevo zavoro v ustrezen položaj in jo držite kar se da pravokotno na os motorja.
- Nadaljujte s koraki 2.1 od d) do f).
- Ves čas vaje naj oseba, ki upravlja s trifaznim variakom drži roko na gumbu za nastavljanje izhodne napetosti.

Če se zgodi, da vam Prony-jeva zavora uide iz pravokotnega položaja glede na os motorja in se začne žgati, jo nemudoma vrnite v pravokotni položaj. Če pride Prony-jeva zavora v tak položaj, da pride do blokade vrtenja motorja nemudoma izvršite 2.1 b).

Če pride pri postopnem obremenjevanju motorja s Prony-jevo zavoro do blokade vrtenja motorja nemudoma zmanjšajte obremenitev s Prony-jevo zavoro, če pri tem niste uspešni izvršite, kar se da hitro korak 2.1 b).

5. Napetostni udar

- Ne dotikajte se osebe pod napetostnim udarom
- Nemudoma izklopite napajanje v učilnici: Pritisnite na veliko rdeče stikalo (slednjega vam pred pričetkom vaj pokaže vodja eksperimentalnih vaj) ali pritisnite na rdeči gumb v omarici za varovala v učilnici (gumb vam pred pričetkom vaj pokaže vodja eksperimentalnih vaj).

6. Navodilo za delo z W-metrom Iskra MI7031

Pred pričetkom dela je potrebno preizkusiti stanje baterij v instrumentu. To storimo tako, da postavimo velik preklopnik v položaj 1 in nato v 2. Pri vsakem položaju se mora kazalec odkloniti v označeno območje. V nasprotnem primeru je potrebno zamenjati baterije!

Z velikim preklopnikom izberite način delovanja. Trifazni način označujejo tri vijuge, enofazni pa dve črti in vijuga. Z malima preklopnikoma izberite tokovno (levi) in napetostno (desni) območje. Tok in napetost ne smeta biti večja kot je izbrano območje!

V tabeli izberite glede na tokovno in napetostno območje **konstanto c**, s katero morate pomnožiti odklon kazalca, in skalo na kateri morate odčitati **odklon** (alfa)! Za trifazni način delovanja velja leva tabela, za enofazni pa desna! Enačba za izračun moči je napisana na vrhu tabele. Vezalna shema je narisana na dnu delovnega lista z vajo, pri kateri se omenjen W-m uporablja.

7. Navodilo za delo z W-metrom Norma

Opozorilo: W-meter Norma obstaja v dveh različicah, med seboj se razlikujeta po moči. Delovno območje (moč) se določa z izbiro tokovnih in napetostnih priključkov! Na podlagi izbranega priključka za tok izberemo zgornjo oziroma spodnjo skalo! Iz tabele pa na podlagi izbranega napetostnega in tokovnega priključka določimo moč, katero predstavlja maksimalen odklon kazalca. Iz odklona kazalca in moči, katero predstavlja maksimalen odklon kazalca, s pomočjo sklepnega računa izračunamo moč.

Poročilo naj vsebuje tudi vse podatke o posameznih napravah in elementih, ki so bili v dani vaji uporabljeni!