

SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA
Materiálovotechnologická fakulta v Trnave

LABORATÓRNE CVIČENIA
Z ELEKTROTECHNIKY

Vypracoval:

3.roč. EŠ
2005/2006

OBSAH

1. MERANIE NELINEÁRNYCH ODPOROV

2. MERANIE NA JEDNOFÁZOVOM TRANSFORMÁTORE

3. MERANIE IMPEDANCIÍ

4. BIPOLÁRNY TRANZISTOR

5. ASYNCHRÓNNY MOTOR

6. LOGICKÉ OBVODY

ÚLOHA Č.1

1. Názov úlohy: MERANIE NELINEÁRNYCH ODPOROV

2. **Zadanie pre meranie:** Zmerajte VA-charakteristiky vybraných nelineárnych odporov (žiarovky a kremíkovej usmerňovacej diódy) pomocou voltampérovej metódy.

Lineárne rezistory majú zanedbateľnú alebo nevýraznú závislosť elektrického odporu od iných fyzikálnych veličín (prúdu, napätia, teploty a pod.) a ich voltampérová charakteristika $I = f(U)$ je lineárna.

Nelineárne rezistory zahrnujú typy s výraznou závislosťou odporu od niektorej fyzikálnej veličiny, napr. od teploty - termistory a pozistory, od napätia - varistory, od intenzity osvetlenia - fotorezistory, od magnetického poľa - magnetorezistory, a pod. Ich voltampérová charakteristika $I = f(U)$ je vo všeobecnosti nelineárna. Odpor nelineárnych rezistorov sa teda mení so zmenou napätia. Preto jedinou vhodnou metódou merania odporov nelineárnych rezistorov je voltampérová metóda s regulovateľným zdrojom jednosmerného napätia a s reostatom.

Ak je vnútorný odpor voltmetra R_V aspoň 100-krát väčší ako meraný odpor R_X , možno prúd tečúci voltmetrom zanedbať a R_X počítať ako

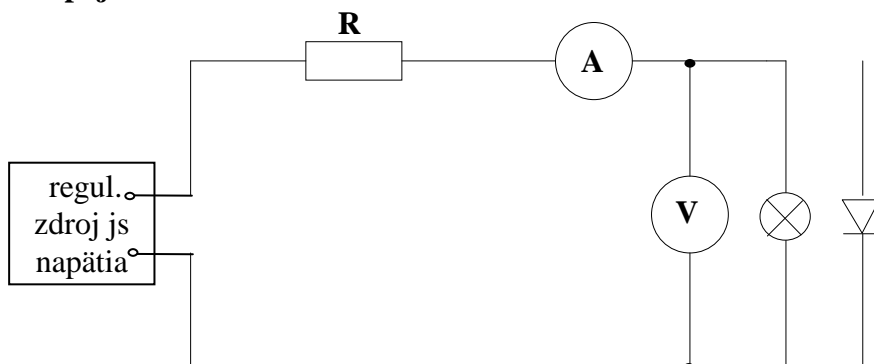
$$R_x = \frac{U}{I}$$

kde U , I sú údaje prístrojov. Ak táto podmienka neplatí, treba údaj ampérmetra korigovať odčítaním prúdu tečúceho voltmetrom. R_X potom bude

$$R_x = \frac{U}{I - \frac{U}{R_V}}$$

3. **Súpis prístrojov:** regulovateľný zdroj jednosmerného napätia, regulačný odpor, ampérmeter, voltmeter, dióda, žiarovka

4. **Schéma zapojenia:**

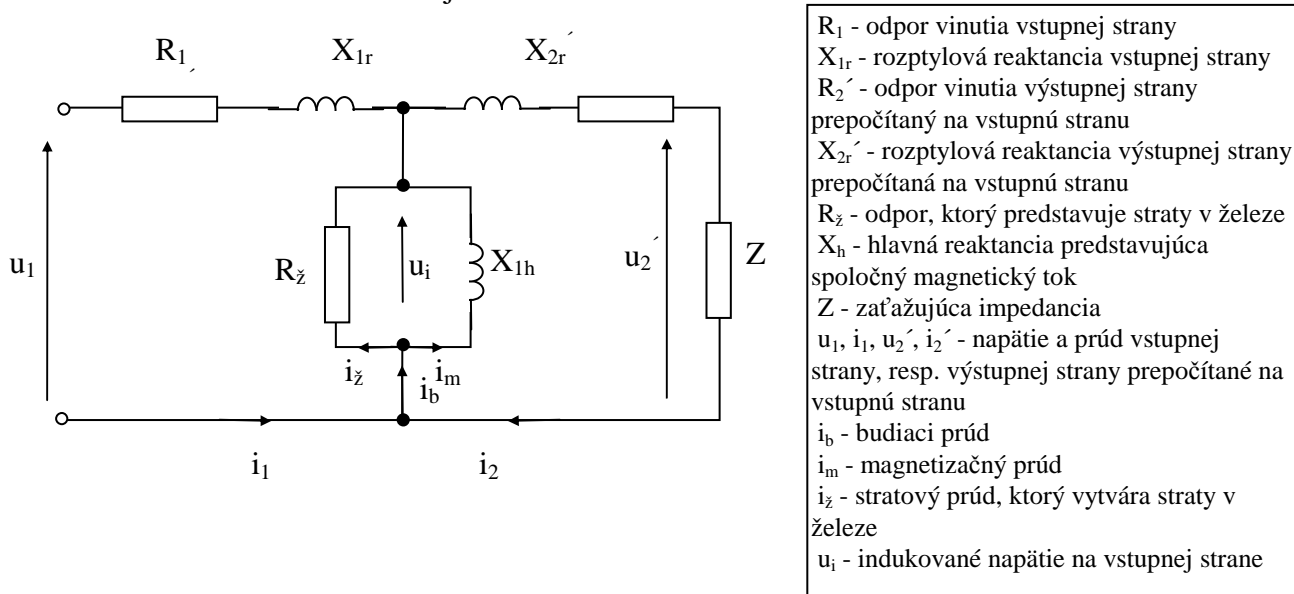


ÚLOHA Č.2

1. Názov úlohy: MERANIE NA JEDNOFÁZOVOM TRANSFORMÁTORE

2. **Zadanie úlohy:** Urobte skúšku transformátora v zapojení naprázdno a nakrátko a zmerajte jeho prevod. Zjednodušte náhradnú schému transformátora pre stav naprázdno a nakrátko a porovnajte namerané výsledky s teoretickými predpokladmi.

Náhradná schéma zaťaženého jednofázového transformátora:



Pri meraní naprázdno napájame primárnu stranu transformátora, sekundárna strana je pritom rozpojená.

Skúškou naprázdno zistujeme príkon naprázdno ΔP_0 , prúd naprázdno I_0 a účinník naprázdno $\cos\phi_0$. Tieto hodnoty sa obyčajne uvádzajú pre menovité napätie primárnej strany transformátora. Transformátor v stave naprázdno odoberá zo siete príkon na krytie strát v železe ΔP_{Fe} a strát vo vinutí ΔP_{j0} . ΔP_{Fe} pozostávajú zo strát hysteréznych a strát vírivými prúdmi. Straty vo vinutí ΔP_{j0} (Jouleove straty) závisia od odporu vinutia R_f a štvorcu prúdu naprázdno I_0 .

Pri meraní nakrátko transformátor napájame primárnu stranu transformátora, sekundárne vinutie transformátora spojíme hrubým krátkym vodičom nakrátko. Tento skratový stav je pri bežnej prevádzke neželateľný. Preto na primárnu stranu nemôžeme pripojiť menovité napätie, ale len také, pri ktorom neprekročíme menovitú hodnotu prúdu tečúceho primárnym vinutím. Túto hodnotu je potrebné vypočítať zo štítkových údajov transformátora a podľa nej nastaviť rozsah ampérmetra a prúdovej cievky wattmetra.

Meraním nakrátko zistujeme straty nakrátko ΔP_k , napätie nakrátko U_k a účinník nakrátko $\cos\phi_k$. Príkon ΔP_k sa spotrebuje iba na krytie strát vo vinutiach.

3. Súpis prístrojov: regulačný autotransformátor, ...

ampérmeter, ...

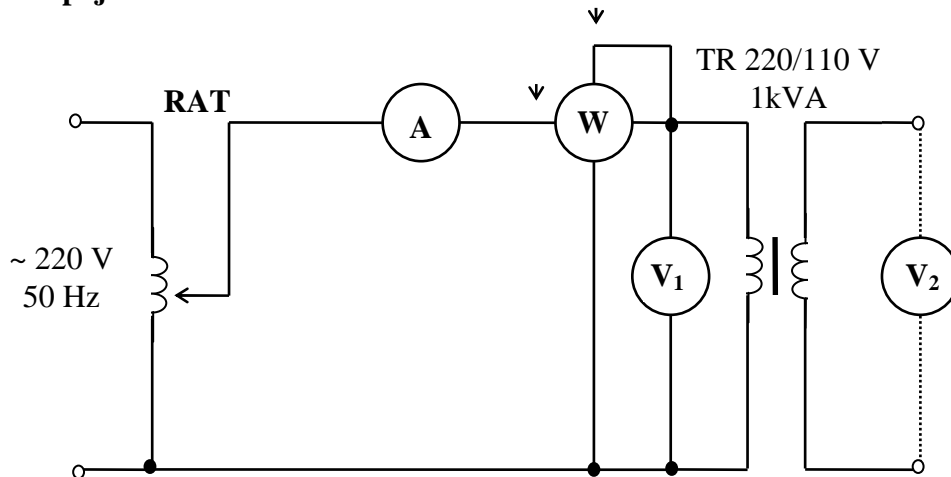
wattmeter, ...

2 voltmetre, ...

transformátor **ARTTEP** Topolčany 220/110 V, 1 kVA, 50 Hz

(t.zn.: $U_{1n} = 220$ V, $U_{2n} = 110$ V, $S_n = 1000$ VA, $f = 50$ Hz)

4. Schéma zapojenia:



5. Postup pri meraní:

Meranie naprázdno

Podľa schémy zapojíme obvod s transformátorom naprázdno (sekundárna strana transformátora je rozpojená, voltmetrom V_2 meriame napätie naprázdno).

Regulačným autotransfóratorom RAT postupne nastavujeme hodnoty napätia a meriame ho voltmetrom. Prúd meriame ampérmetrom a príkon transformátora wattmetrom.

Vlastný príkon transformátora naprázdno dostaneme, ak od nameraného príkonu odpočítame vlastnú spotrebu voltmetra a napät'ovej cievky wattmetra

$$\Delta P_0 = P'_0 - \Delta P_{KOR}$$

pričom

$$\Delta P_{KOR} = U_{10}^2 \left(\frac{1}{R_V} + \frac{1}{R_W} \right)$$

Straty vo vinutí (Jouleove straty) od prúdu naprázdno určíme zo vzťahu

$$\Delta P_{j0} = R_f I_0^2$$

kde R_f je odpor primárnej fázy transformátora.

Ak od strát naprázdno ΔP_0 odčítame straty vo vinutí ΔP_{j0} dostaneme straty v železe

$$\Delta P_{Fe} = \Delta P_0 - \Delta P_{j0}$$

Účinník naprázdno $\cos \varphi_0$ vypočítame potom podľa vzťahu

$$\cos \varphi_0 = \frac{\Delta P_0}{U_{10} I_{10}}$$

Meranie nakrátko

Regulačným autotransfóratorom RAT podobne ako pri meraní naprázdno meníme hodnotu napätia U_{1K} tak, aby sa menil prúd primárnym vinutím I_{1K} od 1,2 až po 0,2 nominálnej hodnoty I_{1n} . Príkon nakrátko meriame wattmetrom W, prúd ampérmetrom A a napätie nakrátko U_{1K} voltmetrom V.

Straty nakrátko určíme po odčítaní vlastnej spotreby voltmetra a wattmetra

$$\Delta P_{KOR} = U_{1K}^2 \left(\frac{1}{R_V} + \frac{1}{R_W} \right)$$

$$\Delta P_K = P'_K - \Delta P_{KOR}$$

Účinník nakrátko vypočítame podľa vzťahu:

$$\cos \varphi_K = \frac{\Delta P_K}{U_{1K} I_{1K}}$$

6. Tabuľky nameraných hodnôt:

Meranie naprázdno

I_{10} [A]	U_{10} [V]	U_{20} [V]	P_o [W]	R_v [k Ω]	R_w [k Ω]	ΔP_{kor} [W]	P_o [W]	ΔP_{Fe} [W]	ΔP_{j0} [W]	ρ

Meranie nakrátko

I_{1K} [A]	U_{1K} [V]	P_K [W]	R_v [k Ω]	R_w [k Ω]	ΔP_{kor} [W]	P_K [W]]= ΔP_{jK}

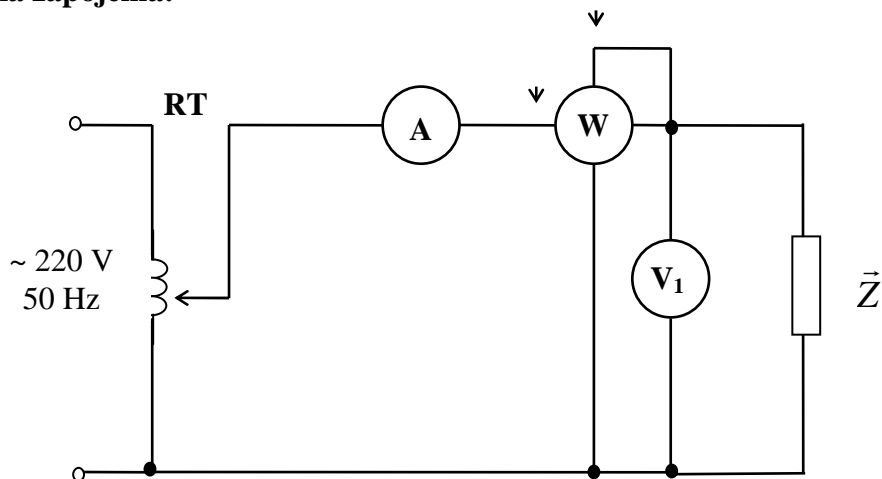
ÚLOHA Č.3

1. Názov úlohy: MERANIE IMPEDANCIÍ

2. **Zadanie úlohy:** Sú dané tri impedančné elementy – R, L, C. Zmerajte impedanciu \vec{Z} jednotlivých impedančných elementov R, L, C a potom ich sériových kombinácií RL, RC a RLC wattmetrickou metódou. Vypočítajte fázu a veľkosť impedancie jednotlivých zapojení a výsledky zapíšte do tabuľky. Na základe takto získaných údajov vyneste výsledky v komplexnej rovine a graficky overte presnosť nameraných a vypočítaných hodnôt.

3. **Súpis prístrojov:** regulačný transformátor, ...
ampérmeter, ...
wattmeter, ...
1 voltmeter, ...

4. Schéma zapojenia:



5. Postup pri meraní:

Pod pojmom impedancia rozumieme komplexné číslo, ktoré vyjadruje vlastnosti pasívneho elementu elektrickej siete pri jeho pripojení na harmonické napätie.

Matematicky sa impedancia \vec{Z} definuje ako podiel fázora napätia \vec{U} na nej vytvoreného a fázora prúdu \vec{I} , ktorý ňou tečie

$$\vec{Z} = \frac{\vec{U}}{\vec{I}} = \frac{U}{I} e^{j(\varphi_U - \varphi_I)}$$

Impedanciu udávame v exponenciálnom alebo zložkovom tvare

$$\vec{Z} = |Z| \cdot e^{j\varphi} = R \pm jX$$

Veľkosť (\vec{Z}), fáza (φ) a reaktancia (X) impedancie sú závislé od frekvencie napájacieho zdroja. Pojem impedancie je viazaný na harmonický priebeh striedavého napätia a prúdu. Preto nemá byť skreslenie napájacieho napätia vyššími harmonickými väčšie ako 5 %.

Pri meraní impedancií wattmetrickou metódou ide vlastne o meranie výkonu dodávaného do neznámej impedancie pri súčasnom meraní efektívnej hodnoty napätia a prúdu. Výpočty

ÚLOHA Č.4

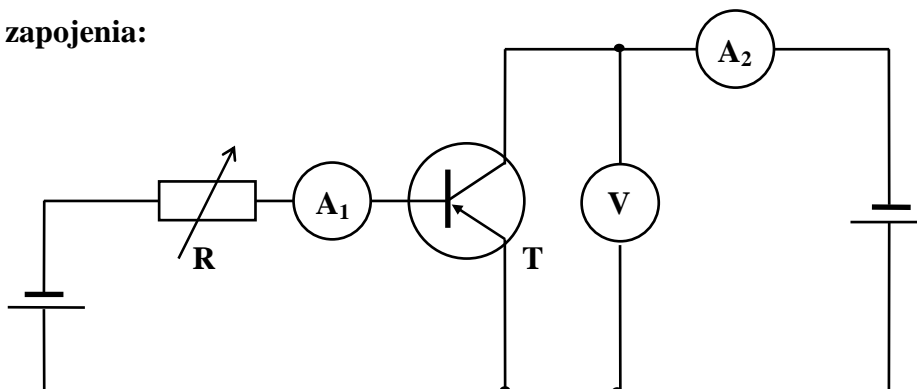
1. Názov úlohy: BIPOLÁRNY TRANZISTOR

2. Zadanie pre meranie: Zmerajte výstupné charakteristiky tranzistora.

Tranzistor má dva druhy charakteristík - *vstupné a výstupné*. Vstupná charakteristika pri zapojení so spoločným emitorom je závislosť $I_B = f(U_B)$ pri $U_{CE} = \text{konšt.}$, výstupná $I_C = f(U_{CE})$ pre $I_B = \text{konšt.}$ Pod charakteristikou pre $I_B = 0$ sa nachádza *oblasť uzavrenia* - tranzistorom prakticky netečie kolektorový prúd. Ďalšia dôležitá oblasť sa nachádza pri osi I_C - je to *oblasť nasýtenia*, čiže *saturácie*. Keď je tranzistor nasýtený, na jeho kolektore je veľmi malé napätie - môžeme ho považovať za nulové a tečie ním prúd $I_C = U_N/R_C$. Medzi týmito dvoma oblasťami sa nachádza *aktívna zóna*, ktorá je obmedzená hyperbolou maximálneho výkonu; napravo od nej nesmie ležať *pracovný bod*, inak by sa tranzistor zničil.

3. Súpis prístrojov: 2 zdroje jednosmerného napätia, posuvný rezistor, 2 miliampérmetre, voltmeter tranzistor

4. Schéma zapojenia:



5. Postup pri meraní: V súčasnosti je jeden z najdôležitejších aktívnych prvkov tranzistor. Pomocou tranzistora môžeme dostať na výstupe nejakého elektrického zariadenia signál s vyšším výkonom, ako je signál na vstupe tohoto zariadenia. Charakteristické pre tranzistor je, že malým výkonom na vstupe riadime veľký výkon na výstupe tranzistora. Postup pri meraní sa dá zhrnúť v týchto krokoch:

- Nastavíme básový prúd $I_B = \text{napr. } 2 \text{ mA}$
- Volíme rôzne hodnoty napätia a meriame prúd I_C (Pri našom meraní bola maximálna hodnota napätia U_{CE} pri všetkých hodnotách básových prúdov 12 V)
- Takto zmeriame dostatočný počet hodnôt prúdov a nastavíme iný básový prúd (4, 6 a 10 mA)

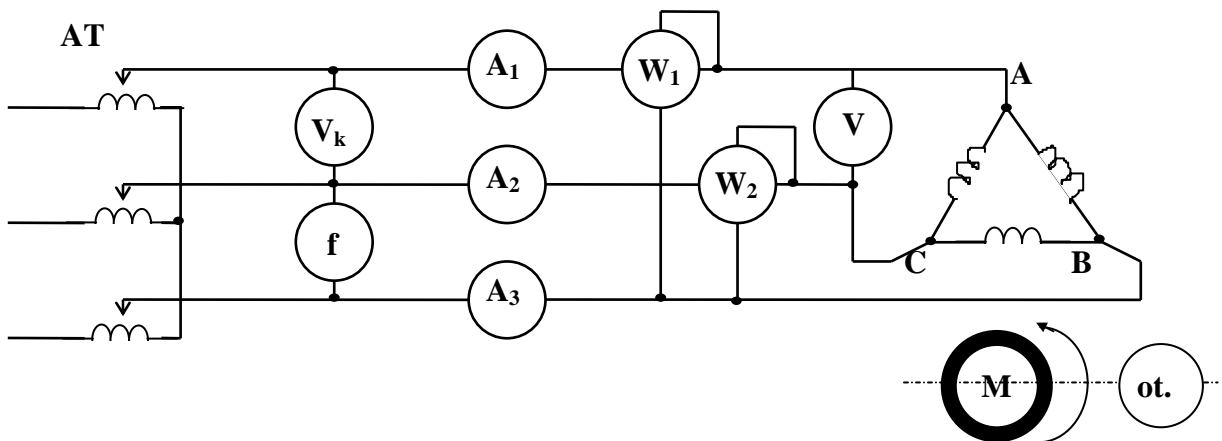
ÚLOHA Č.5

1. Názov úlohy: ASYNCHRÓNNY MOTOR

2. Zadanie pre meranie: Pomocou meraní urobte charakteristiky asynchrónneho motora v stave naprázdno a nakrátko. Meraný asynchrónny motor je trojfázový s kotvou nakrátko. *Asynchrónny motor* pozostáva zo statora a rotora. Obe tieto časti sú zložené z plechov a v drážkach statora je uložené trojfázové vinutie. U tohto typu motora sa rotor otáča pomalšími otáčkami ako točivé magnetické pole indukované v trojfázovom vinutí statora - nastáva medzi nimi sklz, zaostávanie. Pod *chodom naprázdno* rozumieme ustálený stav pomerov v satorovom vinutí, keď sa rotor otáča bez zaťaženia takmer synchronnými otáčkami. *Stavom nakrátko* rozumieme ustálený stav pomerov v satorovom vinutí pri zabrzdennom rotore. Motor je v stave spúšťania, a preto z nameraných hodnôt možno určiť záberový moment a záberový prúd.

3. Súpis prístrojov: trojfázový autotransfómator,
kontrolný voltmeter,
frekvenciomer,
3 ampérmetre,
2 wattmetre, voltmeter,
otáčkomer,
váha,
asynchrónny motor

4. Schéma zapojenia:



5. Postup pri meraní:

Pod *chodom naprázdno* asynchrónneho motora rozumieme ustálený chod pri napájaní satorového vinutia menovitým napätím s menovitou frekvenciou, pričom rotor sa otáča bez zaťaženia takmer synchronnými otáčkami.

Skúšaný motor spustíme priamym pripojením na znížené napätie. Skúšku naprázdno robíme pri motorickom chode a napájaní z regulovateľného zdroja napätia pri menovitej frekvencii. Napájacie napätie meníme v širokom rozsahu od 120 % U_n po napätie pokiaľ

možno čo najmenšie (asi po 20 % U_n). V ustálenom stave pri určitom nastavenom napätí odčítame údaje všetkých meracích prístrojov a meriame sklz otáčkomerom.

Po ukončení rozbehu motor odoberá zo siete len malý príkon, ktorý sa spotrebuje na krytie strát naprázdno ΔP_0 . Keďže sklz je v stave naprázdno veľmi malý, straty v železe rotora i vinutí rotora sú zanedbateľné. Z príkonu naprázdno sa hradia straty v železe statora ΔP_{Fe} i vinutí statora ΔP_{j10} a straty mechanické ΔP_m . Platí

$$\Delta P_0 = \Delta P_{Fe} + \Delta P_{j10} + \Delta P_m$$

Spracovanie nameraných hodnôt AM naprázdno:

Z nameraných hodnôt prúdov jednotlivých fáz vypočítame strednú aritmetickú hodnotu

$$I_0 = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3}$$

a meraný príkon naprázdno

$$P'_0 = P_{W1} + P_{W2}$$

Určíme korekciu na vlastnú spotrebu prístrojov

$$\Delta P_{KOR} = U_0^2 \left(\frac{1}{R_V} + \frac{1}{R_{W1}} + \frac{1}{R_{W2}} \right)$$

Potom straty naprázdno sú

$$\Delta P_0 = P'_0 - \Delta P_{KOR}$$

Výpočet strát vo vinutí statora ΔP_{j10} spôsobených prúdom naprázdno závisí od zapojenia svorkovnice (do hviezdy alebo do trojuholníka). Pri fázach statorového vinutia zapojených do hviezdy

$$\Delta P_{j0} = 3R_f I_0^2,$$

pri fázach statorového vinutia zapojených do trojuholníka

$$\Delta P_{j0} = 3R_f \left(\frac{I_0}{\sqrt{3}} \right)^2 = R_f I_0^2,$$

pričom R_f je ohmický odpor jednej fázy statorového vinutia daného trojfázového asynchrónneho motora. Pri presnom vyhodnocovaní treba brať do úvahy, že hodnota R_f s rastúcim oteplením statorového vinutia tiež rastie.

Súčet strát v železe a strát mechanických dostaneme odčítaním strát vo vinutí statora od celkového príkonu naprázdno

$$\Delta P_{Fe} + \Delta P_m = \Delta P_0 - \Delta P_{j10}.$$

Účinník naprázdno vypočítame z výrazu

$$\cos \varphi_0 = \frac{\Delta P_0}{\sqrt{3} U_0 I_0}$$

Stavom *nakrátko* asynchrónneho motora rozumieme ustálený stav pomerov v statorovom vinutí pri rotore spojenom nakrátko a zabrzdennom.

Rotor mechanicky zabrzdíme pákou známej dĺžky l osadenou na hriadelí motora. Voľný koniec páky pôsobí na váhu. Meranie nakrátko prebieha pri zníženom napätí. Používa sa také napäťové rozmedzie, pri ktorom prúd nakrátko neprevyšuje 150-200 % menovitého prúdu.

Pri každej hodnote nastaveného napätia odčítame údaje meracích prístrojov. Keďže stroj stojí a nevetrá sa, zvyšuje sa veľmi rýchlo jeho teplota. Preto musíme skrátiť čas meracích bodov na niekoľko sekúnd, aby veľkosť otepľovania neprekročila dovolenú hranicu teploty izolácie vinutia. Ak by došlo k nebezpečnému ohriatiu izolácie, mohlo by dôjsť k jej spáleniu.

Výrobca : MEZ Mohelnice		
Asynchrónny motor : 3 ~		typ : 4 AP 80-4 (štvorpólový s kotvou nakrátko)
Výrobné číslo : 0505641	krytie : IP 54	tvar : IM 1081 (pätkový)
Výkon : 0,75 kW		napätie : Y/ Δ 380 / 220 V
Frekvencia : 50 Hz		prúd : 2,2 / 3,8 A
Izolácia triedy : B (medzná teplota 130 °C)		otáčky : 1380 ot/min
Hmotnosť : 8 kg		účinník : $\cos \varphi = 0,73$
Rok výroby : 88/12		
Iné údaje : 32 183 6001		

ÚLOHA Č.6

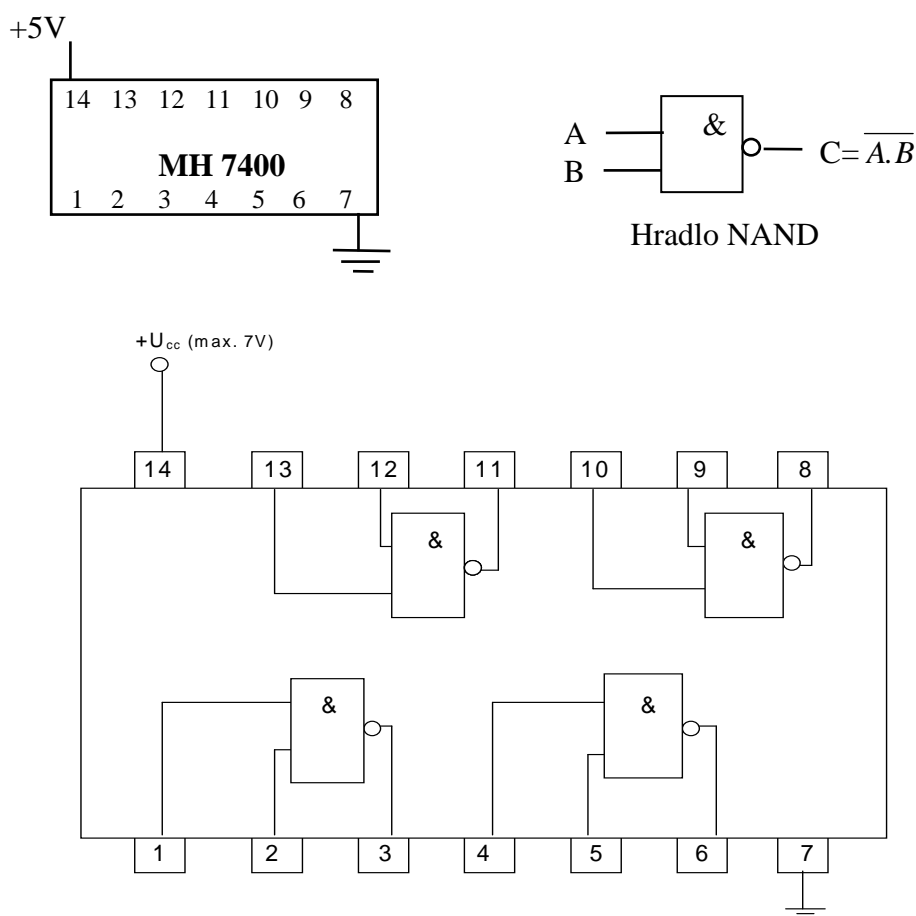
1. Názov úlohy: LOGICKÉ OBVODY

2. Zadanie pre meranie: Skontrolujte funkčnosť hradiel NAND na integrovanom obvode MH 7400 a navrhňte realizáciu logických funkcií NOT, AND, OR a NOR.

Integrované obvody pozostávajú z tranzistorov, odporov a diód, umiestnených v zapojení na jednej základnej doštičke, spoločne zapúzdrovanej. Každá skupina integrovaných obvodov má jedno základné hradlo, z ktorého pomocou rozličných zapojení vieme realizovať rôzne funkcie Boolovskej algebry: negáciu (NOT), logický súčet (OR), logický súčin (AND), negáciu logického súčtu (NOR), negáciu logického súčinu (NAND). Na vstupoch a výstupoch IO môžu byť len dva druhy signálov: logická 1 (napätie 5V), logická 0 (napätie 0V). Boolovská algebra ráta len s týmito dvoma hodnotami. Integrovaný obvod MH 7400 pozostáva zo štyroch hradiel NAND.

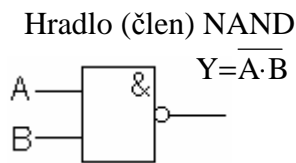
3. Súpis prístrojov: Integrovaný obvod MH 7400,
zdroj jednosmerného prúdu,
logická sonda

4. Schéma zapojenia:



5. Postup pri meraní: Integrovaný obvod sme pripojili podľa schémy k zdroju jednosmerného napätia. Pomocou logickej sondy sme skúmali funkčnosť jednotlivých hradiel. V prvom prípade v pôvodnom zapojení NAND, v druhom invertor prepojení vstupov 1,2 a ich skúškou ako i výstupu 3, ďalej spojenie AND vytvorené prvým hradlom NAND 1,2,3, ktorého výstup bol pripojený na prepojené vstupy 4,5 a nakoniec spojenie OR vytvorené Prepojením vstupov 1 z 2 a 4 z 5 a pripojením ich výstupov 3 a 6 na vstupy 10 a 9. Pri každom zapojení sme vyhotovili pravdivostnú tabuľku.

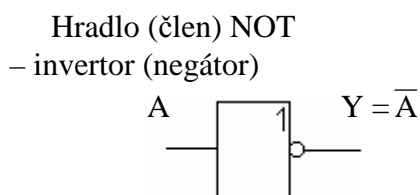
1. Negácia logického súčinu – NAND



Pravdivostná tabuľka

A	B	Y
0	0	
1	0	
0	1	
1	1	

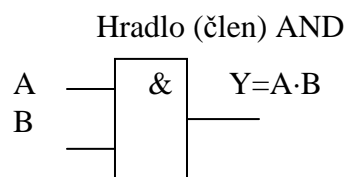
2. Logická negácia – NOT



Pravdivostná tabuľka

A	Y
0	
1	

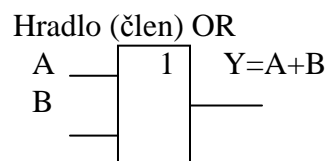
3. Logický súčin – AND



Pravdivostná tabuľka

A	B	Y
0	0	
1	0	
0	1	
1	1	

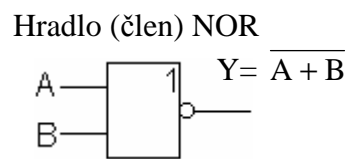
4. Logický súčet – OR



Pravdivostná tabuľka

A	B	Y
0	0	
1	0	
0	1	
1	1	

5. Negácia logického súčtu – NOR



Pravdivostná tabuľka

A	B	Y
0	0	
1	0	
0	1	
1	1	

Zakreslite zapojenie hradiel NAND pre jednotlivé funkcie (NOT, AND, OR a NOR)!