

## 1. GYAKORLAT

# ELEKTRONIKUS ANALÓG SZABÁLOZÁSI KÖRÖK TANULMÁNYOZÁSA

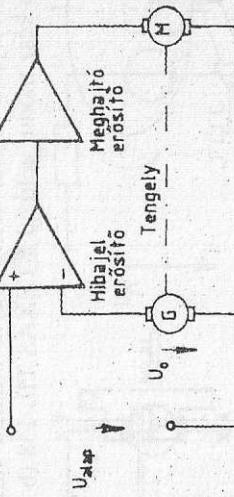
A mérés célja: Egy villamos motor példáján érzékelni azt, hogy mit jelent, ha egy kimeneti jellemző szabályozott ("controlled": "Elektronikusan kontrollált tartott"). Egy-egy szabályozókör öszveálítása után nem precíz jellemző méréssel, hanem tapasztalati kísérletekkel (kézzel történő fékezéssel, különböző irányú erőhatásokkal) győződünk meg arról, hogy milyen a valóságban az, ha a kör "igyekezik előírt értéken tartani" a szabályozott jellemzöt.

A méréshez szükséges ismeretek: A kisteljesítményű motorok elektronikus fordulatszám érzékeléséről és szabályozásáról említiest találunk az ELEKTRONIKUS ÁRAMKÖRÖK II/A. jegyzet 210-211. oldalán, a DC motorok működésének részleteit, helyettesítő képeit stb. az ERŐSÁRAMÚ ELEKTROTECHNIKA tárgyban ill. ERŐSÁRAMÚ ISMERETEK jegyzetben találjuk meg.

Az alábbiakban összefoglaljuk azokat a tudnivalókat, amelyek a szabályozások megalosításához feltétlenül szükségesek:

Gyakran használunk elektromechanikus készülékekben (elektronikusan vezérelt mechanikákban, magnókban CD-mechanikákban, servo berendezésekben) mozdatához egyenáramú meghajtó motorral - olcsósága és viszonylagos nagy fajlagos teljesítménye miatt. Ezzel együtt sokszor olyan igény is felmerül, hogy a mozgásnak "szabályozott" legyen, vagyis hogy a meghajtó motor lehetőleg gyorsan és hüen kövesse a villamos "parancsjelet", de a megoldás lehetőleg olcsó és egyszerű legyen.

A mozgás, vagyis a *fordulatszám szabályozásának "klasszikus"*, magától érítetődő módszere az, hogy a motorral egy tacho-generátor forgatunk, és ennek jelét használjuk visszacsatolásra (1.1. ábra).



1.1. ábra

A tacho-generátor (tachométer-generátor) által szolgáltatott  $U_0$  feszültség széles határok között arányos a vele azonos tengelyen lévő motor fordulatszámaival. A hibajel erősítő ezt a tacho- "mérőfeszültséget" összehasonlíta az általunk adott  $U_{alap}$  alapjel feszültséggel, és mindenkor vezérli a meghajtó teljesítményerősítőt, amíg a két jel közötti eltérés a leghatékonyabb lesz, vagyis a fordulatszám az általunk megkívánt értéket veszi fel. A visszacsatolásnak köszönhetően a motor fordulatszáma széles tartományban nagymértékben függetlené válik a mechanikai terheléstől, lényegében csak az  $U_{alap}$ -tól függ. Ebből következik, hogy az alapjel változtásait is "hűségesen" követi a fordulatszám, hirtelen alapjel változtásokra (indulás, megállás) a motor a rendszer által megengedett gyorsulással, hirtelen fordulatszám változásával "engedelmesen" reagál.

A fordulatszám érzékelő sok esetben (és általában újabb készülékekben) nem egyenáramú tacho-generátor nivell ennek mérete, tömege is nagy, fel szerelése is nehézkes, helyigényes. Szívesebben alkalmaznak kis helyen elérő, könnyebben elhelyezhető mágneses, opto, stb. impulzus jeladókat. Létezik olyan megoldás is, amellyel "megtakaríthatjuk" az érzékelőt, ha felhasználjuk azt a "belcső" feszültséget ("back EMF"-et, visszainduktálódó elektromos erőt, azaz forrásfeszültséget), amelyet maga a forgó motor indukál, mintha generátor lenne. Ehhöz természetesen olyan kapcsolási elrendezés kell, amely ezt a belcső, indukált feszültséget különválasztja a motor kapcsaira adott meghajtó feszültségiől.

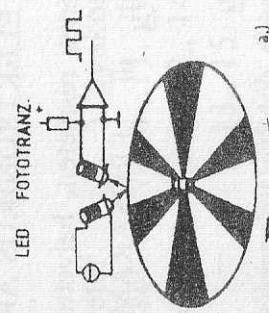
Ezen mérési gyakorlaton két szabályozást valósítunk meg:

1. Optoelektronikus érzékelő jelének felhasználásával és a forgatott motor saját, indukált "tachométer jelének" felhasználásával megvalósított visszacsatolást.
2. a) a) a) a) a)

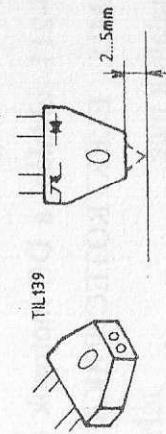
#### 1. OPTOELEKTRONIKUS jeladóval történő érzékelés és szabályozás

A motor tengelyére egy tárcsát erősítünk, ennek forgását "figyeli" az opto-érzékelő. Ez rendszerint egy fototranszistorból és a megvilágítást szolgáló (általában infravörös fényt kibocsátó) LED-ből áll. Az elrendezés alapvetően kétféle lehet:

- a.) visszaverődéses elven működő fényforrás-érzékelő pár (REFLECTIVE SOURCE AND SENSOR ASSEMBLY) a forgó tárcsára felfestett sötét-világos csíkok eltérő fényvisszaverődéséből állít elő impulzus sorozatot (1.2. ábra). Ilyen érzékelőpárok közös tokba helyezve készen kaphatók, példá erre a közismert TEXAS TIL 139 modul (b. ábra).



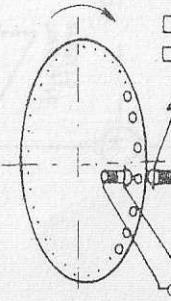
1.2. ábra



b.)

A parányi (kb. 1.5 mm átmérőjű) LED-et és fototransziszort gyűjtőlencsével is ellátták, így a fény-nyaláb illetve az érzékelés igen jól fókusztált, optimális távolságra (2...5 mm-re) elhelyezett fényvisszaverő objektum esetén a "fény-csatolás" nagyon szoros", külső fény az érzékelést gyakorlatilag nem zavarja, az esetek többségében nem szükséges előtétítő burkolatot készíteni.

b.) átvilágítással működő forrás-érzékelő pár (OPTOELECTRONIC MODULE FOR TRANSMISSIVE SENSING APPLICATIONS) a tengelyre erősített tárcsán lévő furatok (átlátszó - nem átlátszó részek) fényátereszítését alkotja villamos jelé (1.3.a. ábra). Egyik oldalon van a megvilágító (infra) LED, a másik oldalon a fototranszistor, ilyen kész modul például a TEXAS TIL 138 (b. ábra).



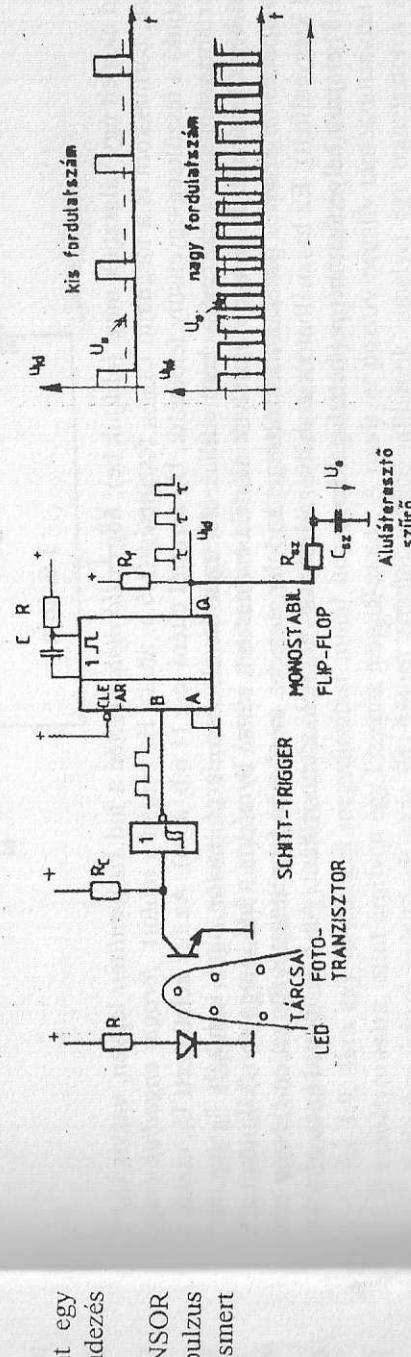
b)

1.3. ábra

Ebben is ugyancsak a jól fókusztált LED fototranszistor-párt alkalmazzák, mint a visszaverődéses modulban de belátható, hogy az érzékelés itt méginkább üzemző. A fototranszistor közvetlenül "lássa" a LED-et amikor éppen furat (átlátszó rész) van közöttük. A "fény-csatolás" olyan "szoros", hogy kb. 20mA-es LED meghajtó áramnál közvetlen "átláts" esetén a fototranszistor kollektoráramára majdnem 2mA, vagyis a gyakorlatban az érzékelővel egy TTL áramkört közvetlenül, erősítés nélkül meghajthatunk (l. a katalóguslap PHOTOTRANSISTOR COLLECTOR CURRENT vs INPUT-DIODE FORWARD CURRENT: fototranszistor kollektoráram a bemeneti dióda nyitóáram függvényében diagramját, FIGURE 3!). Mérési gyakorlatunkon is

rátor, melyen eljelődő áramkörökben szerepel.

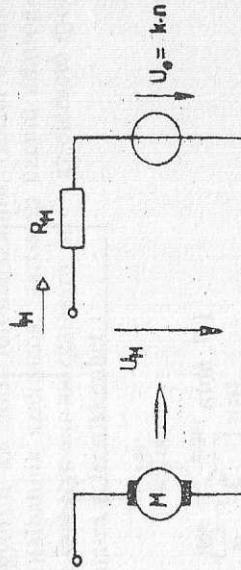
Az optoelektronikus érzékelő impulzusjelet ad, ez sok esetben előnyös, ha a szabályozás digitális rendszerű (impulzusszámlával működik, vagy akár "intelligens" rendszerhez kapcsolódik). Jelen esetben analóg szabályozást hozunk létre, ezért az érzékelő utáni Schmitt-trigger "fény-nem fény" logikai "1" ill. "0" jeleből a fordulatszánumal arányos analóg feszültséget kell előállítanunk (amit a hibajel erősítő összehasonlíthatja). Emnek legegyszerűbb módja az, hogy minden egyes értékelt impulzus feltüntetése előtt (vagy lefutó) élveleg egy monostabil indítunk, amely azonos szélességű és amplitudójú négyzetgyel-impulzusokat állít elő. Igy olyan "uniformizált" impulzus-sorozat keletkezik, amelynek frekvenciája arányos a fordulatszámmal, ezért átlagérítéke (aholátereszítő szűrő segítségével képzett középpériéke) a fordulatszámmal arányos, vele összarendelt egyenfeszültség lesz. Ez már felhasználható visszacsatoló (ellenorző) jelként. (1.4. ábra).



1.4. ábra

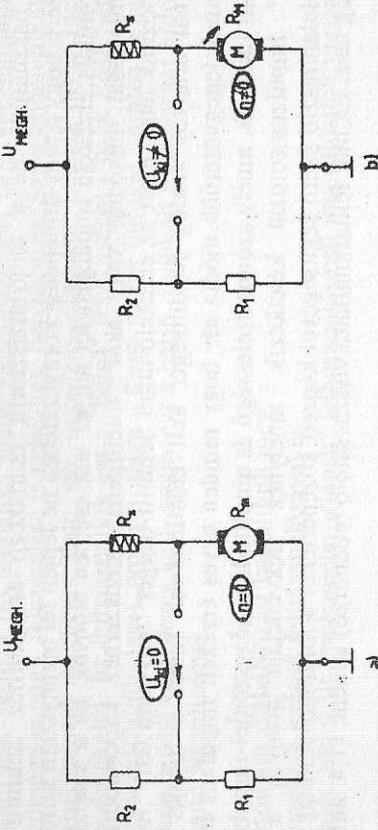
2. A FORGATOTT MOTOR MINT GENERÁTOR által előállított feszültség érzékelése, és felhasználása szabályozásra

A forgó motor saját maga által indukált "belső ellenfeszültsége", generátorfeszültsége bizonyos határak között, bizonysos közelítéssel arányos a fordulatszámmal, így felhasználhatjuk visszacsatolásra a tacho-generator jele helyett. A nehézség csupán az, hogy ezt az indukált "belső" feszültséget úgy kell "kinyernünk", hogy közben a motorra a meghajtó teljesítményt szolgáltató tapforrás is rá van kapcsolva! Az egyszerűsített (és linearizált) helyettesítő képet – amely leginkább az állandó mágnesű vagy külön mágnesű gerjesztésű motorokat modellezte az 1.5. ábra mutatja: a motor kapcsain  $U_M$  motormeghajtó feszültség van, forgás közben mint generátoron  $U_o$  "belső" feszültség indukálódik, ezt szeretnénk "kivezenni". Az  $U_o$  feszültségű generátorhoz viszont nem tudunk közé sorosan belktatódik, a "belső" pont nincs kivezete",  $U_o \neq U_M$ .



1.5. ábra

A meghajtó feszültség és a motor által termelt generátor feszültség szétválasztásának elve a híd-áramkörös megvalósításban érhető meg legjobban. Az 1.6. ábra hidjának jobboldali ágát a motor, és egy vele sorosan kapcsolt  $R_s$  ellenállás alkotja (amely ellenállás a motor  $R_M$  ellenállásával egy nagyságrendben van), a másik ágba a jobboldali ággal megegyező oszciátorirányú  $R_1-R_2$  ellenállás-párt helyezünk.



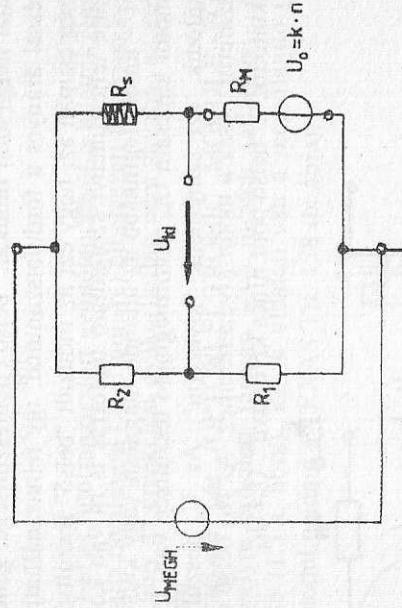
1.6. ábra

A hid elemeit úgy válaszjuk meg, (állítjuk be), hogy *álló motor* esetén a hid *kiegyenlített* legyen, vagyis  $U_{ki}=0$  legyen, bármekkora is a meghajtó  $U_{MEGH}$  feszültség (1.6.a. ábra). Ha ezután a motor *forgani engedjük* (vagy forgatjuk) a feszültség-egyensúly felbomlik,  $U_{ki}$  zérustól eltérő lesz (1.6.b. ábra). Az így keletkezett  $U_{ki}$  csakis a motor forgásának következményeként állhat elő, nyilvánvalóan a forgó motor által indukált "generátor" feszültségből származik, annak valamelyen mértékben leosztott részével. Ily módon a hid kimeneten "elkülönihet" fordulatszámmal arányos generátor feszültséget kapunk, amely a meghajtó feszültségtől független (hiszen erre a hid kiegyenlített). Ez használható a szabályozásban visszacsatoló tachó jelként. Az 1.7. ábra alapján a motor helyére berajzolt helyettesítőképpel belátható, hogy:

$$U_{ki} = U_o \frac{R_s}{R_s + R_M} = k' \cdot n$$

amikor a hid kiegyenlített, vagyis ha:

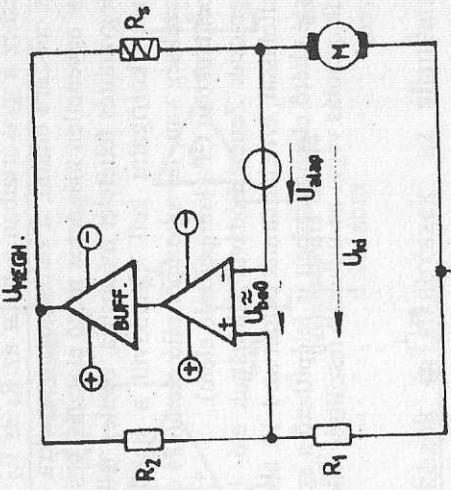
$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{R_s}{R_M}$$



1.7. ábra

A keletkező jel akkor nagy, ha a motorral sorasan elhelyezett  $R_s$  is nagy  $R_s$  növelésének azonban korlátot szab az általa okozott teljesítmény-veszteség- ezért általában nem érdemes nagyobbra választani, mint a motor belső ellenállás 20-50%-a.

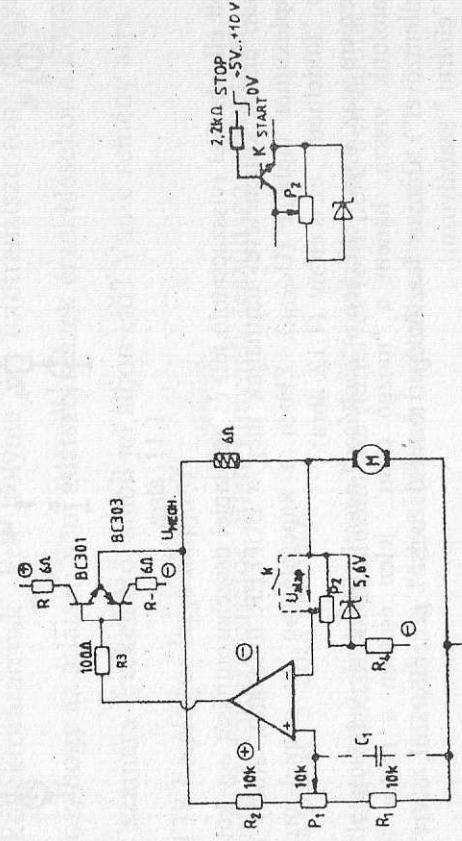
A szabályozás létrehozásához a hid kimenetén elölállított ellenőrző jelet össze kell hasonlítanunk a kívánt fordulatszámnak megfelelően beállított alapjellel, és a hidat, ezzel együtt a motort olyan  $U_{MEGH}$  feszültséggel kell táplálnunk, amellyel a hibafeszültség (az alapjel és az ellenőrzőjel különbsége) a lehető legkisebbre csökken. A különbségképzést az 1.8. ábra vázlatán látható módon szimmetrikus bemenetű műveleti erősítővel oldjuk meg, amelyet a hid meghajtó feszültséget szolgáltató teljesítmény (buffer) erősítővel egészítünk ki. Az erősítő a buffer segítségével úgy táplálja a hidat, addig gyorsítja vagy lassítja a motor, amíg a kimeneti feszültség és az alap-feszültség eredje gyakorlatilag zérus nem lesz. Egy adott alap-feszültséghöz egy adott motor fordulatszám tartozik.



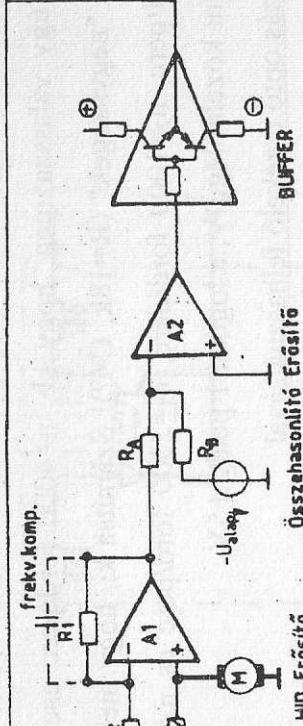
1.8. ábra

Ha az alapjelet megváltoztatjuk, a motor ennek megfelelően kénytelen változtatni a fordulatszámát, mert csak így áll be az egysúlyi helyzet. A motor mechanikai terheléstől szinte függetlenül kénszerthető téteszölges fordulatszám felvételére nagy követési sebességgel (gyorsulással, lassulással a rendszer által megengedett határon belül), ugyanúgy mintha tachométerrel csatoltunk volna vissza.

Az 1.9. ábra egy lehetséges megvalósítást mutat hozzávetőlegesen olyan méretű és teljesítményű DC motor szabályozására, mint amilyen egy kazettás magnó-motor. A rendszer pozitív-negatív tápfeszültséggel működik. Különösen érő erősítőnek akár 741 típusú erősítőt is használhatunk, amelyet egy tranzisztoros B osztályú BUFFER fokozattal egészítünk ki (a "torzításnak" írt nincs jelentősége az igen nagy hurokerősítés és a kis sebességi követelmények miatt). A változható alapjelet (amellyel "előirijuk" a fordulatszámot) például egy stabilizált Zener-dióda leosztott feszültségből állíthatjuk elő, amelyet az 1.8. ábrán bemutatott elvnek megfelelően az erősítő invertáló ágába iktatunk be sorasan (a Zener dióda előfeszítését R4 végzi, az alapjelelőállítás a SEBESSEG beállító potenciométer, P2 segítségével történik). A párhuzamos K kapcsoló a motor hirtelen leállítását illetve indítását teszi lehetővé (elektronikus, logikai jellel történő vezérléshez a kapcsolót által NPN tranzisztorral valósíthatjuk meg az ábrán bemutatott módon). A kapcsoló bekapsolásakor (pozitív bázis vezérléskor) az alapjelelőállító potenciométer, P2 segítségével történik). A párhuzamos K kapcsoló a motor megáll, hiszen zérus alapjelezet zérus hid kimeneti feszültség, ehhez pedig zérus fordulatszám tartozik. A rendszer ilyenkor a zérus fordulatszám állapot mielőbbi elérése érdékében "automatikusan" a maximális negatív feszültséget kapcsolja a motorra (az ellenáramot R<sub>-</sub> -al lehet és kell korlátozni), így a fékezés nagyon hatásos. Indításkor, amikor megszakítjuk a kapcsoló érintkezését ("0" vezérlést adunk a kapcsoló tranzisztorra, bekapsoljuk a soros alapjelet) az elektronika teljes pozitív áramot ad a motorra (ekkor R<sub>+</sub> korlátoz), így ez a lehető legrövidebb idő alatt felgyorsul az előírt fordulatszámra. (Ezzel a motor-vezérléssel például normal mechatronikák szakaszos, start-stop üzemű adatrögzítő céljára, különöző szervo mechanikák szakaszos, precízen szabályozott mozgatására, stb. - az elérhető gyorsulási ill. lassulási idő kisebb motorokra akár néhányszor 10 ms-ra is lecsökkenhet.)



1.9. ábra



1.12. ábra

A méréshez szükséges eszközök és alkatrészek: az állandó műszerparkon kívül egy kazettás magnetofonhoz használatos egyenáramú, állandó mágnesű villanymotor, amelynek tengelyén furatokkal ellátott tárca van a fordulatszám méréséhez. Az átvilágítással működő opto-érzékelő szintén fel van szerelve az 1.3. ábra vázalata szerinti elrendezésben.

Univerzális modellező panel, amelyen az érzékelő és szabályozó elektronikus áramköreit a megfelelő integrált áramkörökből és diszkrét elemekből összeállítjuk.

Felvezetők: μA741; 74LS132; 74LS123 integrált áramkör, BC301; BC303; BC182; BC212 transzistor.

Ellenállások:  $6\Omega/1W$  3 db; 100 ohm; 1,5 kohm; 2,2kohm; 10 khom; 18kohm; 36 kohm; 68 kohm, 100 kohm; 5Mohm.

Beállító potmérter: 10 kohm; 25kohm. Kondenzátor: 10n; 47n; 100n 2db.

nem

#### HÁZI FELADAT

##### ① Az opto-érzékelő vizsgálata

1. 1. a.) Számítsa ki az érzékelő modul LED-áramát az 1.13. ábra szerinti kapcsolásban, ha a LED-kör tápfeszültsége 12V!
- b.) Mekkkora kollektoráramnak kell folynia a fototranszisztoron megvilágított esetben minimálisan ahhoz, hogy az átlátszó-nem átlátszó részek érzékelésekor a kollektoron a digitális fogadó áramkör számára értékelhető, stabil jel álljon elő? Van-e remény arra, hogy ez az áram létrejön (a TIL 138 katalógus lapja alapján)?
- 1.2. a.) Módosítsa a fototranszisztor áram kimeneti feszültség számítását, ha egy LS TTL terhelés van rajta (az 1.15. ábra szerint)!
- b.) Számítsa ki, hogy addott n fordulatszámhöz (amelyet ford/perc-ben adunk meg) hány Hz-es érzékelő jelfrekvencia tartozik, ha a tárcsán lévő furatok száma: 60!

1.3. Készítse el a monostabillal kiegészített áramkör (1.4. ábra) tervét! Az impulzusszélességet úgy válassza meg, hogy kb.  $n=4000$  ford/perc esetén "érjenek össze" az eddig különálló  $\tau$ - "négysszögek" ( $R=18k$ ,  $C=?!$ )! Számítsa ki, hogy mekkora DC-középérték várható  $n_1=500$  ford/perc,  $n_2=1000$  ford/perc,  $n_3=2000$  ford/perc és  $n_4=4000$  ford/perc esetén, ha a logikai 0 szint közelítőleg 0V, a logikai 1 pedig +5V.

## 2. Szabályozás opto érzékelő felhasználásával

2.1. Készítse tervezet a fordulatszám oszcilloszkóppal történő mérésére!

2.2. Rajzolja rá az 1.18. ábra kapcsolási rajzának jellemző pontjaira a várható jelalakokat (nem pontosan, csak jellegré, de minden adja meg a null-vonalat is)!

## 3. Szabályozás a motor indukált feszültségének felhasználásával

3.1. Rajzolja fel a teljes kapcsolási rajzot az 1.10. ábra alapján, írja be az elem-értékeket ( $P_1=25k$ ,  $R_E=36k$ ,  $R_S=R_+=R_- = 6$  ohm,  $P_B=10k$ ,  $R_o=4,7k$   $C_1=10n$ )

3.2. Helyettesítse az indító-megállító K kapcsolót NPN tranzisztorral (az 1.9. ábra alaján). Vezesse be ezt a módosítást a kapcsolási rajzba! Olyan kivitelt kell készíteni, amellyel a kibekapcsolást függvénygenerátor (lassú) jelével lehet vezérelni. Adja meg, hogy milyen hozzávetőleges amplitudójú (milyen két érték között változó) függvénygenerátor-jellel célszerű a forgást-megállást vezérelni!

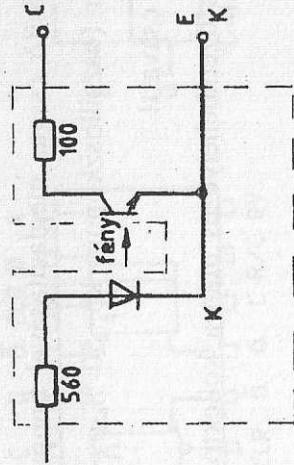
\*3.3. Készítse tervezet az 1.19. módosított kapcsolásának start-stop kapcsolóval való kiegészítésére (pl. PNP tranzisztorral, függvénygenerátorral vezérelve)!

## MÉRÉSI FELADATOK

### (M.I.) Az opto-érzékelő vizsgálata

*M.I.1.* Ellenőrizze az opto-elemek működőképességét! A mérésben használt érzékelő modul (TIL 138) LED-jének soros korlátozó ellenállása (560 ohm) az érzékelő szerelvényében van a hibalehetőségek csökkentése érdekében. Hasonlóan a fototranzisztorral is egy 100 ohmos korlátozó ellenállás van sorbakötve az 1.13. ábra szerint (a LED katódját és a fototranzisztor emitterét - mint közös zérus-pontot összekötöttük).

poulzus-  
eddig  
árhato  
l, ha a



t (nem

ellenőrzés

Az ellenőrzés legegyszerűbb módja a fény-csatolás indikálása.

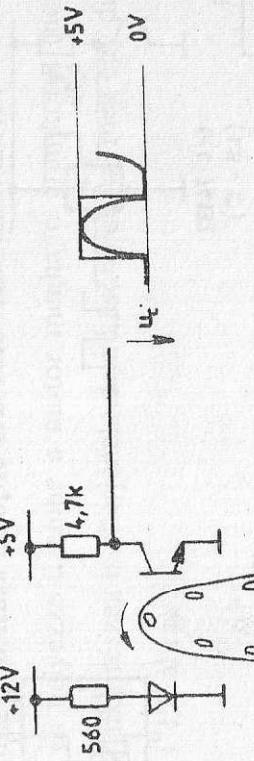
- a.) A LED-re nyitóáramú áramot kapcsoljon (560 ohmos ellenállással soros anód-kivezetését a +12V-os tápfeszültségre csatlakoztassa, katódját a 0V-os pontra kösse).

Ellenőrizze az opto-LED áramát, egyezik-e a házi feladatként kiszámított értékkel!

ellenőrzés

(Megjegyzés: a LED infravörös fénye természetesen szemmel nem látható.)

- b.) A fototranzisztor kollektorát munkaelenálláson keresztül a +5V-os logikai tápfeszültséghöz csatlakoztassa (az emisszort a LED katóddal együtt már 0V-ra kapcsoltuk, (1.14. ábra), a 100 ohmos korlátozó ellenállás elhanyagolható)  $R_C=4,7k$ . A kollektorfeszültség (közelítő) méréssel lehetőleg oszcilloszkóppal végezzük (DC állásban)!



modul  
van a

ellenőrzés

A kollektoron a forgó-tárcsa mozgatásárakor - attól függően, hogy éppen "látna" a LED-et a fototranzisztor vagy nem - 0V körű maradékfeszültség és tápfeszültséghoz közeli feszültség között változó feszültséget kell mérnünk.

Amennyiben a próba nem sikerül, vizsgálja felül a bekötéseket, ellenőrizze a tápfeszültséget, méije meg a LED áramát, stb. Elképzelhető, hogy annak ellenére, hogy minden rendben talál, nem kap előírás szerinti jelet, csak esetleg a működésre halványan utaló kollektor feszültség változásokat. Ekkor elképzelhető, hogy az érzékelő elmozdult a helyéről, a LED-furat-

1.13. ábra

1.14. ábra

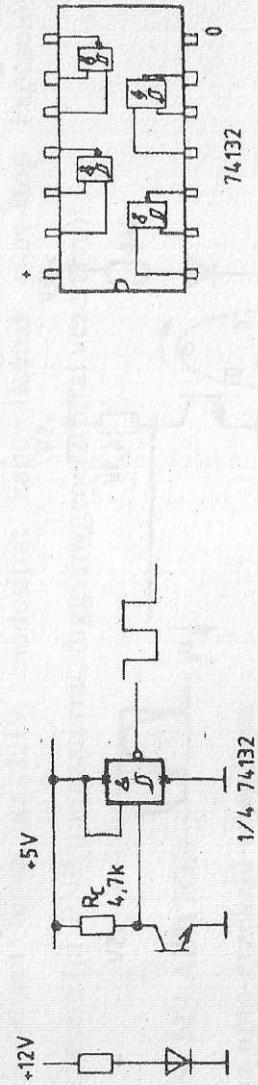
fototranzisztor nincs egy tengelyen. Ilyenkor vegye igénybe a mérésvezető segítségét (és csakis az ö jelentében) a felerősítő csavar meglazításával finoman addig mozgassa az érzékelőt, amíg a tárcsa forgatásakor (oszcilloszkópon) kb. 50 %-os kitöltésű négyzetöglet nem kap. Beállítás után húzza meg a csavart!

Jegyezz le, hogy beállítás üzembelhelyezés után a kollektorban közeliőleg mekkora "szélső" feszültségeket mért

- a.) furat érzékelésekor,
- b.) takarás esetén!
- c.) A tárcsa forgatásakor a kollektor feszültség kitöltési tényezője közeliőleg hány százalékos?

Ha a kitöltési tényező messze nem 50%-os, módosítsa  $R_C$  értékét és végezzen újabb mérést!

**M.1.2.** Formálja digitális áramkörök számára alkalmass jelé a fototranzisztor által szolgáltattott jelet! (Említtük, hogy a fény-csatolás olyan "szoros", hogy az infra LED-del megvilágított fototranzisztor áramával követlenül meghajthatunk egy TTL áramkört, célszerűen egy Schmitt-trigger bemenetű "formáló" kaput az 1.4. ábrán és az 1.15 ábrán látható módon). Az összeállítást "helytakarékosan" végezzük, hogy az ezután építendő áramkörök is elférjenek a STRIP-panelen.



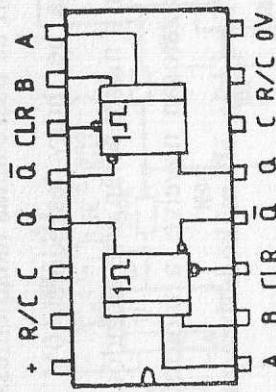
1.15. ábra

A tárcsa forgatásával ellenőrizze az áramkör működését!

Rögzítse az oszcilloszkóppal regisztrált jelalakot (mozgó tárcaival) a Schmitt-trigger bemenetén és kimenetén (lényegtelen az időlépték, de fontos a szintek pontos érzékelése: DC üzemmód, ismert null-helyzet, ill. feszültség-lépték)!

**M.1.3.** Egészítse ki a digitális áramkört monostabil jelformálóval annak érdekeben, hogy a fordulatszámmal arányos feszültséget állíthasson elő (az 1.4. ábrán bemutatott módon). A házi feladatként megtervezzett áramkört építse meg és ellenőrizze működését!

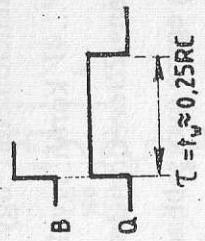
csakis  
kkelőt,  
n kap.  
ezelős"



1.16. ábra

ékos?  
próba-  
tatott  
gitott  
egy  
1) Az  
mek a  
az  
így

$R = 18\text{k}$   
 $C = ?$   
 $R_f = 1.5\text{k}$   
 $R_{sz} = 100\text{k}$   
 $C_{sz} = 100\text{n}$

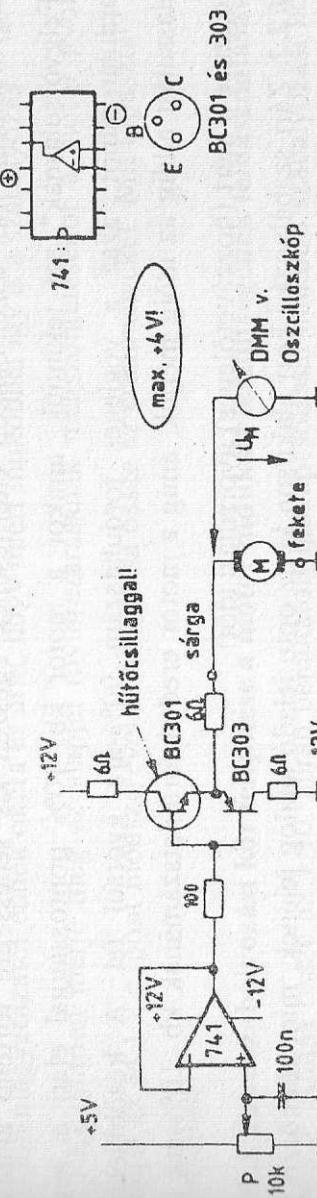


1.16. ábra

Méréssel (a tárcsa forgatásával) hozzávetőlegesen ellenőrizzük, hogy a valóságos  $\tau$  megközelíti-e számított (kb. 0.25ms) értékét ( pontos mérést folyamatos fogatáskor végzünk majd). Eltérelles esetén korrigálja az áramkört!

### M.2. Szabályozás megvalósítása az opto érzékelő felhasználásával

**M.2.1.** Építse meg és helyezze üzembe a motor meghajtó áramkörét (helytakarékosan úgy, hogy még kiegészítő alkatrészek is elférjenek, de a későbbiekben még egy dual-in-line IC is!) Javasolt kapcsolás (1.17. ábra)



1.17. ábra

A hibajel előiről egyelőre 1-széres visszacsatolással csak a vezérőjel átvitelére tesszük alkalmassá, a végfokozat és a motor közötti  $R_s$  ellenállás korlátozó szerepet tölt be.

gy a  
házi

a.) Bekapcsolás előtt - ha megyőződött az összeállítás hibamentességről - a vezérő jelet adó 10 kohmos potenciometert úgy állítsa be, hogy leszedőjén 0V legyen. A motor névleges feszültsége  $3,8V \dots 4V$  körül, ígyekken a mérés során erre állandónan figyelemmel lenni!

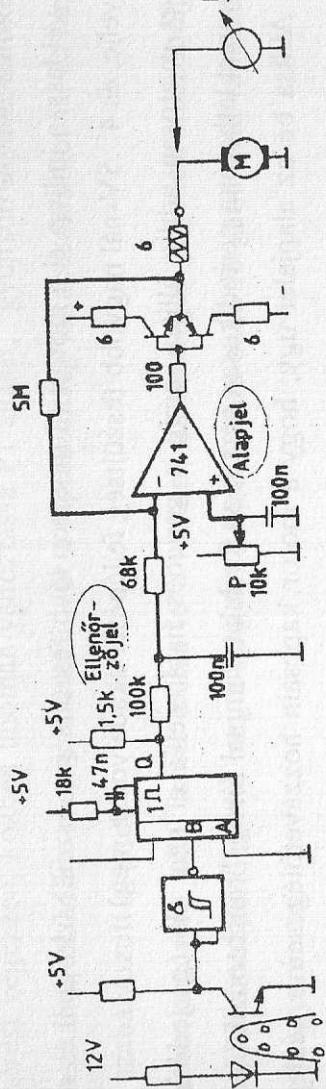
Bekapcsolás után a vezérő jelet fokozatosan növelte, a motornak az óramutató járásával egyező irányban egyre gyorsabban kell forognia. Ha működésben zavart tapasztal, keresse meg a hibát!

Mérje meg tájékozódás céljából, hogy a motor kapcsain mekkora feszültséget kell beállítani ahoz, hogy az üresjárási fordulatszám az alábbi értékeket vegye fel (a fordulatszám méréset az opto-érzékelő digitális kimenetének frekvencia mérésevel határozza meg a házi feladat 1.2.b pontjában elvégzett számítás alapján) Ellenőrizze és helyesítse az M.1.3. pontban meghatározott értékeket is!  $n_1=1000$  ford/perc;  $n_2=2000$  ford/perc;  $n_3=3000$  ford/perc-nél  $f_1=?$ ;  $f_2=?$ ;  $f_3=?$ ;  $U_{M1}=?$ ;  $U_{M2}=?$ ;  $U_{M3}=?$

b.) A motor forgása közben a tengely-csonkot kézzel fogja le, próbálja megállítani a forgást (a kísérletet 1000...2000-es fordulatszám tartományban végezze), azért, hogy tájékozódjon mekkor "erőt" (nyomatékok) tud kifejteni egy "szabadon" (visszacsatolatlanul) meghajtott motor.

c.) Az alapjelet - amelyet "közepes" értékre állított be - zára rövidre egy huzallal, majd hirtelen szüntesse meg a rövidzár! Figyeje meg, hogy a motor viszonylag lassan éri el a névleges fordulatszámot! A fordulatszám változása az impulzus adó jeléből előállított középtértek oszcilloszkópos megfigyeléséből objektíven megállapítható. Mérite meg, hogy az alapjelre kapcsolt rövidzár megszüntetésétől hozzávetőlegesen mennyi idő telik el a motor felgyorsulásáig (az oszcilloszkóp eltérítésének egészen kis sebességre történő állításával). "Felgyorsulásnak" azt tekintjük, amikor a motor kb. 10% pontossággal eléri a névleges fordulatszámot, azaz a végleges fordulatszám 90%-ára gyorsul fel. A későbbiekben a lelassulást addig az időig mérijük, amíg a motor eredeti fordulatszámának kb. 10%-ára lassul. Rögzítse a mért (hozzávetőleges) gyorsulási időt!

**M.2.2. Zárt szabályozási kört** alakítson ki az opto jeladó analóg jelének, mint ellenőrző jehnek és a P potenciometeren beállított feszültségnék, mint alapjelnök a különbségképzésével, erősítésével, az alábbi elrendezés alapján (1.18. ábra, ezen már valamennyi rész-áramkört kipróbáltunk)



1.18. ábra

Bekapcsolás után az alapjelet növelte a motornak "dynamikusan" gyorsultnia kell, alapjel csökkentésre lassulással kell "reagálnia".

a.) Az előző kísérlethez hasonlóan most is próbálja a tengelycsonknál kézzel fékezni a motor forgását! Irja le mit tapasztal és miért? (Most kell érezniük a szabályozás hatását: a motort fekezve az mindenkorban "erőnek-erejével" igyekezik fenntartani eredeti fordulatszámat – áramfelvételle jóval nagyobb lesz, figyeje a tápegység árammérőjét!)

b.) Az alapjellel lassú forgást beállítva ( $n \approx 1000$ ) fékezze le a motort, és egy egészen kicsit forrassza visszafelé. A motor azonnal forogni kezd ellenirányban igen nagy fordulatszámmal. Éppen ezért a tápfeszültségeket gyorsan kapcsolja ki. Adjon magyarázatot a jelenségre!

c.) Ujra bekapcsolás után közelítően 1500 ford/percet beállítva oszcilloszkóppal vizsgálja meg a jellemző pontokon a jelalakokat: a monostabil flip-flop kimenetén, a szűrő kimenetén és az erősítő kimenetén. Az időfüggvényeket rajzolja le, bejelölve a feszültségleptéket! Adjon magyarázatot ennek okára és arra, hogy miért működhet így is a szabályozás.

d.) Közelítően mérje meg az alapjel rövidrezárásának megszüntetésekor a motor gyorsulási idejét az M 1.2 c. pont módszerével és hasonlítsa össze az eredményeket. Mit tapasztal? Adjon indoklást!

### M.3. Zárt szabályozási kör felépítése a motor indukált feszültségének felhasználásával

**M.3.1.** Állítsa össze az 1.10. ábrán bemutatott hídkapcsolással működő szabályozási köröt (az alapjelet áramgenerátor segítségével állítsa be). Az opto-érzékelő áramköreit hagyja változatlanul, a fordulatszámot a továbbiakban ezek segítségével mérjük.

a.) A kapcsolás üzembehelyezése

Bekapcsolás előtt:  $P_1$ -et állítsa hozzávetőlegesen középállásba,

$P_B$ -vel állítsa kis alapjel-áramot (leszedő neg. tápfesz. -en)

Bekapcsolás után:

P<sub>B</sub>-vel lassan indítsa el a motort (a motoron lévő feszültséget oszcilloszkóppal és multiméterre figyelje, és 4...5V-nál nagyobb feszültség fellépését akadályozza meg)

- P<sub>1</sub>-et óvatosan addig állítsa, amíg a gerjedés határesetét el nem éri (gerjedéskor a motor szemmel láthatóan periódikusan ingadozó fordulatszámmal forog, "rángatódzik")
- b.) Állítsa be az alapjelet úgy, hogy a motor kapcsain hozzávetőlegesen a névleges 3,8...4V feszültség legyen. Mérje meg az ehhez tartozó fordulatszámot! (frekvencia méréssel)  
A szokásos módon fékezze a motor forgását, közben figyelje a motor kapocsfeszültségét! Iraje le a tapasztaltakat. Hogyan viselkedik a motor a fékezés ellenére?

Iraje le hogyan változik a motor kapocsfeszültsége a fékezés hatására és miért?

Iraje le azt is, hogy fékezés hatására hogyan változik a táparam és miért?

**M.3.2.** Vizsgálja meg a visszacsatolt rendszer jelövetési tulajdonságait! A motor indításához és leállításához az alapjelet rövidrezáró K kapcsolót nyissa ill. zárja (forgatáskor a szabadon forgó motoron továbbra is 3,8...4V-ot tartson fenn).

a.) A K kapcsolót kézzel ki-bekapcsolva figyelje meg, hogy a motor indítási ill. leállítási parancsot mennyire gyors reakcióval követi. A jelkövetés sebességére P1-nek nagy hatása van a gerjedés határábanak közelében a visszacsatoás nagyon "szoros", az indítás-leállás igen gyors. Lazább visszacsatolás esetén (ha P1 leszedője a híd táplálási ponthoz közelebbi állásban van) a működés lassúbb, kevésbé "szabályozott". Állítgassa P1-et azért, hogy a leírtakat a valóságban is tapasztalja igyekkezzen a "legélesebb" határhelyzetet beállítani! Legkevésbé "szabályozott" a leállás, ha tápfeszültségeket egyszerre kikapcsoljuk, ezt is próbálja ki! Adjon indoklást ez utóbbi jelenséghöz!

b.) Az alapjellel állítsa le a motort, és P1-el óvatosan keresse meg a gerjedés határhelyzetet. Ezután indítsa el a motort, és állítsa be az alapjelet úgy, hogy a motor kapcsain a névleges 3,8...4V legyen. A K kapcsoló kézi ki-bekapcsolásával közelítőleg mérje meg a szabályozott motor gyorsulási és lassulási idejét, vagyis az indítástól a tényleges felgyorsulásig (a névleges sebesség kb.90 %-ának eléréseig) ill. a tényleges megállásig (a sebesség kb. 10 %-ának eléréseig) eltelt időt.

c.) A K ki-be kapcsolót valósítsa meg "elektronikus változathban", NPN tranzisztorral, a házi feladatban (3.2.) elkészített kapcsolási rajz alapján. A vezérlést függvénygenerátorból adj a megtervezett szintekkel, kb. 0,2...0,5Hz frekvenciával). Ebben a periodikus start-stop üzemmódban mérje meg közelítőleg a gyorsulási időt és a lassulási időt.

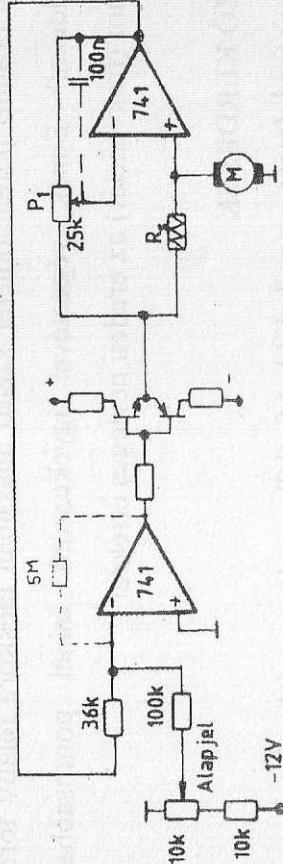
Több mérést végezzen, közben finoman változtassa P<sub>1</sub> állását, "gyűjtsön tapasztalatokat". Irja le a tapasztaltakat! Mérite meg a lassulási időt a tápfeszültség kikapcsolásakor is, és hasonlítsa össze a szabályozott esettel!

d.) A ki-be kapcsoló jellet ismét állítsa le a motort, az esetleges gerjedést küszöböölje ki P<sub>1</sub> finom-beállításával és kísérelje meg a tengelyt kézzel jobbra-balra forgatni! Mit tapasztal, mi a jelenség magyarázata?

Figyele meg, hogy a tápegység pozitív ill. negatív ágának árammérői hogyan térmek ki a jobbra-balra forgatás hatására! Mit tapasztal, mi a jelenség magyarázata?

\*M.3.3. Állítsa össze és mérite be az 1.19. ábrán bemutatott híderősítés kapcsolást (a digitális fordulatszámmérő részt hagyja változatlanul). Javasolt elrendezés (jelölje be az egyes részek funkcióját):

áráshoz  
abban  
lállítási  
sa van.  
gyors,  
van) a  
ságban  
zott" a  
lást ez  
yozzat.  
szévleges  
nyozott  
szévleges  
% -ának  
a házi  
adja (a  
rt-stop



1.19. ábra

a.) Helyezze üzembe a kapcsolást!

Alapjel  $\approx 0\text{ V}$

$P_1$  közélpállásban, majd a gerjedés határára állítva Az alapjel növelje addig, amíg az üresjáráshoz forgó motor kapocsfeszültsége névleges nem lesz. Mérite meg az ehhez tartozó fordulatszámot, és jegyezze le! Közölje a működéssel kapcsolatos tapasztalatokat, szükséges változtatásokat.

b.) Gyorsulási és lassulási idő mérése.

Építse meg a függvénygenerátorral ki-be kapcsolható változatot (a Hf. terve alpján)! Mérite meg az idők közelítő értékét az előzőkhöz hasonlóan! Rögzítse az eredményeket!

A legnagyobb áramfelvétel a pozitív tápforrásból hirtelen 0-ról gyorsításakor közelítőleg:

A legnagyobb áramfelvétel a negatív tápforrásból hirtelen leálláskor közelítőleg:

- c.) Mérje meg, hogy zérus alapjellel leállított motornál a kézzel történő jobbra-balra forgatáskor mekkora az elérhető legnagyobb tápáram: jobbra forgatáskor a ..... tápforrásból; balra forgatáskor a ..... tápforrásból.
- d.) A kazettás magnetofonok szalagtovábbító motorjának fordulatszámát is a fenti analóg módszerrel szabályozzák tranzisztoros, újabban IC-s elektronikával. E mérési gyakorlaton a feladatunk a rendelkezésre álló kazettás magnó motor-fordulatszám beállító potenciométerét megkeresni, és megvizsgálni, hogy kb. mekkora tartományban "húzható el" a fordulatszám a névlegestől. A méréshez (kísérlethez) 3000Hz-es jelet tartalmazó, etalonnak tekinthető kazettát játszunk le a kérdezés magnetofommal, és az így kapott jel frekvenciájának figyelésével állapítjuk meg a fordulatszám állíthatóságának százalékos mértékét. Jegyezzük le, hogy a fordulatszám beállító potenciométer szélső állásaiban mekkora relatív fordulatszám változást tudunk előidézni! Ennek végeztével igyekezzünk minél pontosabban visszaállítani a fordulatszámot (frekvenciát) az eredeti névleges értékre!

#### ELLENŐRZŐ KÉRDESEK

1. Milyen elvű fordulatszám érzékelőkkel foglalkozunk a mérésben?
- ✓ 2. Hogyan működik a tachométer-érzékelős fordulatszám szabályozás?
3. Rajzolja fel a visszaverődéssel opto-érzékelő működési vázlatát!
4. Rajzolja fel az átvilágítással működő opto-érzékelő működési vázlatát!
5. Miért iktatunk közbe Schmitt-trigger bemenetű áramkört a fototranzisztorhoz csatlakozó áramkörbe?
6. Milyen elven állítunk elő az opto-érzékelő impuluszjeléből analóg jelet?
7. Hogyan választhatjuk szét a motorra jutó meghajtó feszültséget és a forgás közben indukálódó "tacho-generátor" feszültséget?
8. Mi a különbség a meghajtó erőssére létesített "szokásos" negatív feszültség-visszacsatolás és a megalosított belső indukálódó feszültséget hasznosító negatív visszacsatolás között?
9. A mérési gyakorlaton az opto-érzékelővel megalosított fordulatszám szabályozás esetén miért foroghat teljes fordulatszámmal, szabályozatlanul ellenkező irányban a motor?
10. A "szabályozott" álló motor tengelyét miért nehézebb mechanikai ráhatással forgatni, mint a szabályozás nélküli motorét?

11. Hogyan alakul a tápáram-felvétel, ha a szabályozott álló motor tengelyét mechanikai ráhatással mozgatjuk és miért?
12. Hogyan alakul a tápáram-felvétel szabályozott motor esetén gyorsításkor (álló helyzetből hirtelen névleges fordulatszámról gyorsításkor) ill. lassításkor (a forgó motor hirtelen megállításakor) és miért?
13. Adott fordulatszám eléréséhez miért előnyösebb szabályozót használni, ahelyett, hogy a megfelelő tápfeszültséget kapcsolnánk a motorra?
14. Milyen módszerrel állíthatjuk be egy kazettás magnetofon szalagtovábbító motorjának fordulatszámát "hiteles" értékre?

ogy a  
tozást  
ani a

akozó  
Özben  
attolás  
öt?  
esetén  
, mint