



BUDAPESTI MŰSZAKI EGYETEM
Nagyfeszültségű Technika és Berendezések Tanszék
Budapest, XI. Egry József u. 18.
Postacím: 1521 Budapest
Tel.: (+36-1-) 463-27-79
Fax/Tdx.: (+36-1-) 463-32-31

Szilárdtestrelék és alkalmazásuk vizsgálata

Mérési segédlet

Írta: Dr. Szandtner Károly
Márkus István

Budapesti Műszaki egyetem
Nagyfeszültségű Technika és Berendezések Tanszék

1999.

Szerkesztette: Novák Balázs

5. Szilárdtest relék és alkalmazásuk vizsgálata

A teljesítmény félvezető eszközök és kapcsolástechnikájuk fejlődése lehetővé tette az elektronikus, úgynevezett szilárdtest relék (Solid State Relay = SSR) nagysorozatú gyártását. Ezekben az eszközökben a kapcsolási folyamat (áramkörök be-, ki- és átkapcsolása), kontaktusok nélkül, nagyteljesítményű p-n átmenetek vezető irányba való átbillenésével valósul meg. Az erősáramú kapcsolástechnika egyes területein a közeljövőben várható tömeges elterjedésük indokolja bemutatásukat és laboratóriumi vizsgálatukat.

5.1 Elméleti alapok

5.1.1. A szilárdtest relék felhasználási területei

A váltakozóáramú és egyenáramú fogyasztók mozgó érintkező nélküli szilárdtest relével történő be és kikapcsolása a következő alkalmazási területeken bizonyulhat előnyösnek:

- szabályozott fűtőtesteknél, gyakori kapcsolású motoroknál, gyorsmásolók lámpáinál, közlekedésirányító berendezéseknél, általános ipari automatáknál, PLC kimenetek esetében.

Alkalmazásuk előnyös, ahol a kapcsolóknak a következő feltételeket kell kielégíteni:

- nagy kapcsolási gyakoriság, ami a mechanikus kapcsolók működési gyakoriságát meghaladja,
- igen kis vezérlőtelsítmény (néhány mW -os), széles határok között változó vezérlőfeszültség tartománnyal,
- igen rövid (mikroszekundumos nagyságú) kapcsolási holtidő,
- váltakozó feszültségű áramkörben a feszültség nullaátmenetének pillanatához szinkronozott kapcsolás, illetve az áram-nullaátmenet pillanatához szinkronozott kikapcsolás,
- mechanikai behatásokra való érzéketlenség (rázásállóság, gyorsulás, szerelési helyzet),
- ahol nincs lehetőség karbantartásra,
- robbanás biztos kivitel (nincs kapcsolási ív),
- rádiófrekvenciás zavarmentesség.

5.1.2. A szilárdtest relék felépítése, fajtái, működése

A szilárdtest relék általában két bemeneti és két kimeneti kapoccsal rendelkeznek.

Bemenő vagy vezérlő jelként:

- 3 ... 32 ... 50 V egyenfeszültség vagy
- 24 ... 250 ... 380 V váltakozófeszültség szolgál.

A bemenet és a kimenet közötti csatolás lehet fotócsatolás (LED-fotótranzisztor vagy LED-fototirisztor) és Reed relés csatolás, esetleg transzformátoros csatolás.

Kimenetként: a terhelőköri teljesítmény kapcsolását végző oldalt tekintik, ahol váltakozó feszültségű körben triak vagy ellenpárhuzamos tirisztorpár, míg egyenáramú körben teljesítménytranzisztor a kapcsoló elem. A különböző működési megoldások vázlata az 5.1. ábrán látható,

A szilárdtest relék főbb fajtái:

- hibrid félvezetős,
- transzformátoros leválasztású félvezetős és
- teljesen félvezetős,

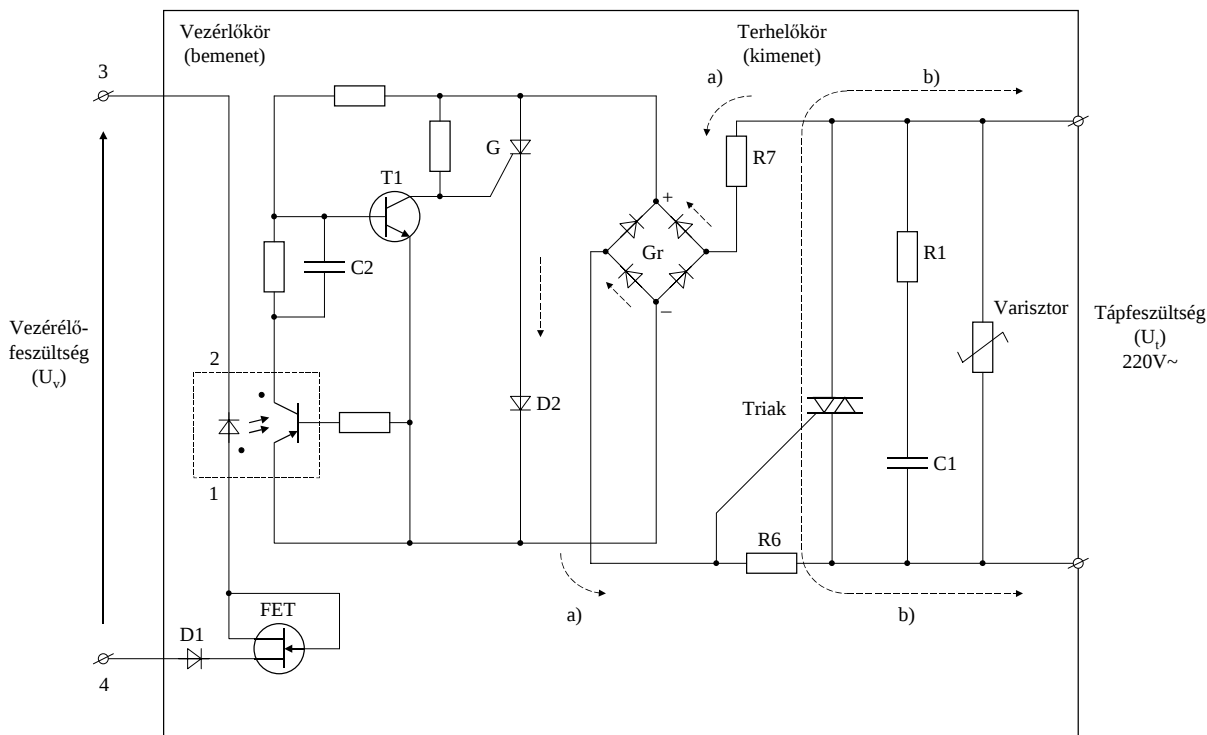
Ma már a gyártók zömében a teljesen félvezetős változatot állítják elő, mivel a hagyományos elektromágneses relékkel szemben a legtöbb előnyt ezek biztosítják. Ez a tény indokolja, hogy a teljesen félvezetős szilárdtest relé működését célszerű megismerni, amelyben a vezérlés és a terhelés kapcsolása félvezetős áramkörök segítségével történik.

Az 5.2. ábrán egy megvalósított szilárdtest relé kapcsolási rajza látható. A bemenettel sorbakötött $D1$ dióda a fordított polaritású tápfeszültség rákapcsolása esetén védi a bemenetet. A FET tranzisztor áramgenerátoros táplálással látja el az optocsatoló fényemittáló diódáját. Ez a megoldás biztosítja a 3 - 32 V-os széles vezérlő feszültségtartomány alkalmazhatóságát. Az optocsatoló a galvanikus

Terhelés fajtája	Nullaátmenet- Kapcsoló	Szigetelés típusa	Az áramkör kapcsolási vázlata		Be- és kimeneti jellemzők (ohmos terhelésnél)
AC terhelés	Nincs felszerelve	Felszerelve			
		Foto- tirisztor			
		Reed relé			
DC terhelés	—	Opto- csatoló			

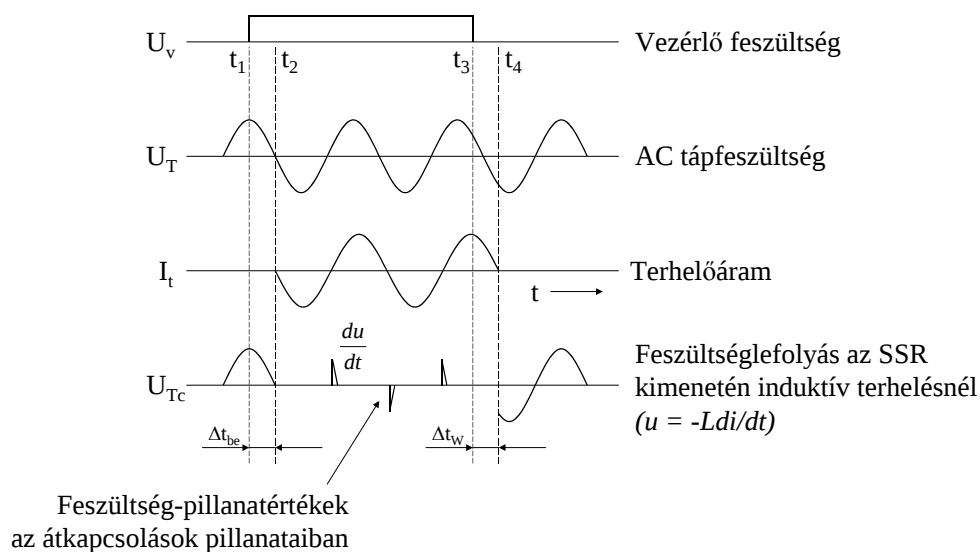
5.1 ábra

leválasztást látja el, általában 1,5 - 2,5 kV-os szigetelési feszültséggel. A szilárdtest relé bemenetére adott vezérlőjel hatására kapcsol az optocsatoló rendszer. Ennek következtében a hálózati feszültségről Graetz - egyfázisú, kétutas egyenirányító - kapcsolás útján szinkronozott tápfeszültség segítségével abban a pillanatban kapcsol a rendszer, amikor a feszültség nullaátmenet közelébe kerül (típustól függően 5-6°-on belül). Ez periodikusan ismétlődik, valahányszor nullaátmenet jön létre. A nullaátmenet-kapcsoló a T segédtrisztor gyújtását végzi. Az R_7 ellenállás, a Graetz híd egyik diódája, a G segédtrisztor, a D_2 dióda, a Graetz híd újabb diódája, az R_6 és az R_t külső terhelőellenálláson megindul az áram a főáramkörben (5.2. ábra a) jelű áramút). Az előbb említett eszközök vezetési ideje mindig csak addig tart, amíg a növekvő I_t okozta $U(R_6)$ feszültség a triak begyújtásához vezet. A begyújtott triak söntöli az egész előbb említett rendszert (5.2. ábra b) jelű áramút.)



5.2 ábra

A terhelő áram vezetését mindaddig ellátja a triak a begyújtott félperióduson belül, amíg az átfolyó áram a tartóárama alá nem csökken, függetlenül attól, hogy a vezérlőjel esetleg már megszűnt. Folyamatos vezérlőjel esetén a folyamat ismétlődik (5.3. ábra).



5.3 ábra

Induktív és kapacitív körökben ügyelni kell az áram és a feszültség közötti fáziseltolásra, a gyújtások és a szünetidők helyes megválasztása miatt. A főáramkörben olcsóbb megoldás a triak alkalmazása, szemben az antiparalell tirisztor párral.

Ez utóbbi viszont kedvezőbb túlfeszültségtűrő tulajdonságokkal rendelkezik. A szilárdtest relék túlfeszültségvédő kört is tartalmaznak. Az R_1 és C_1 elemekkel, valamint az igényesebb szilárdtest relékben varisztorral (feszültségfüggő ellenállással), ellensoros Z-diódákkal vezetik le a triakra, vagy a tirisztorpárra a terhelésről visszajutó káros túlfeszültségimpulzusokat. Ezek hiányában - egy impulzusokkal szennyezett hálózaton - a félvezetők vezérlés nélkül is bekapcsolnának.

5.1.3. Szilárdtest relék működési jellemzői:

A szilárdtest relék kiválasztásához és laboratóriumi vizsgálatához elengedhetetlenül szükséges a relék működésével kapcsolatos fogalmak ismerete, amelyek a jelenleg érvényes szabvány előírásokkal összhangban van. E fogalmak a következők:

- a szigetelési szilárdság: az a váltakozóáramú 1 perces időtartamú próbafeszültség, amelyet a relé szigetelése elvisel a be- és kimeneti kapcsok illetve a be- kimenet és a relé fémburkolata illetve hűtőtönkje között,
- szigetelési ellenállás: 500 V egyenfeszültségen mért ellenállás a be- és kimenet, illetve a be- kimenet és a relé fémburkolata illetve hűtőtönkje között,
- szivárgási áram: azon áram effektív értéke, amely a kimeneti kapcsok közé kötött üzemi feszültség esetén a kapcsok között mérhető a relé "kikapcsolt" ($U_{be} = 0$) állapotában,
- terhelőkörü feszültség: a relé kimeneti kapcsán tartósan fellépő feszültség, amikor a kapcsokra a terhelőkörü tápfeszültség és impedancia sorosan kapcsolódik,
- legnagyobb terhelőáram: azon legnagyobb áram effektív értéke, amely a kimenő kapcsok között átfolyhat az adott hűtőtönk és környezeti hőmérséklet mellett,
- lököáram határérték: a nem ismétlődő jellegű terhelőáram csúcsértéke, amely a relé kimenő kapcsain átfolyhat a legnagyobb terhelő árammal való üzemszerű tartós terhelést közvetlenül követően, az adott hűtési feltételek mellett (az áramot a rövid idejű terhelhetőség időtartamának függvényében szokás megadni),
- határterhelési integrál: azon $i^2 dt$ (Joule-hő) integrál, amely megszabja a szilárdtest relé zárlati áramvédelmére alkalmazható gyors olvadóbiztosítót (azaz, a biztosítóra megadott működési határintegrál kisebb legyen a szilárdtest relére megengedhető Joule-hő értéknél),
- áramváltozási meredekség: a szilárdtest relére megengedett legnagyobb di/dt érték, amely különösen kapacitív áramok kapcsolásánál lehet veszélyes mértékű,
- tartóáram: a kimeneti kapcsokon átfolyó azon legkisebb terhelő áram, amelyen a triac a vezetéskét még fent képes tartani,
- feszültségesés a kimeneti kapcsok között: effektív értékben mért feszültség a kimeneti kapcsokon átfolyó legnagyobb terhelő áram esetén a specifikált hűtési feltételek mellett,
- kritikus feszültségváltozási meredekség: a kimenő kapcsok között megengedhető legnagyobb du/dt érték, amely induktív körök kikapcsolása esetén lehet kritikus értékű, amikor is a nagy du/dt érték miatt a félvezető gyújtó-anód kapacitáson keresztül meginduló $i = C \cdot du/dt$ áram öngyújtást hozhat létre a triakon,
- legnagyobb reteszelési feszültség: a bemeneti kapcsok között mérhető azon legnagyobb feszültségszint, amikor a kimenő kapcsokat tekintve a relé még a "kikapcsolt" állapotban van,
- legkisebb gyújtási feszültség: a bemeneti kapcsokon mérhető azon legkisebb feszültség, amikor a kimenő kacsokat tekintve a relé már "bekapcsolt" állapotba jut.

5.1.4 A szilárdtest relék kiválasztása:

A gyártó cégek rendszerint összefoglaló táblázatokban közlik az általuk ajánlott típusok főbb adatai. Ilyen adatsor látható példaképpen az 5.1. táblázatban

A kiválasztáshoz általában a következő adatokat vehetjük figyelembe:

a./ Terhelőkör adatai:

- a kapcsolt feszültség neve AC vagy DC, illetve nagysága,
- a kapcsolt áram min., max. és termikus átlag értéke,
- túlfeszültségek,

- túláramok,
- terhelési fajta (R, L, C, motor stb.),
- kontaktus feszültségesése,
- záróáram (szivárgási áram) .

b./ Vezérlőkör adatai:

- vezérlő feszültség neme AC vagy DC, illetve nagysága,
- vezérlő áram,
- bekapcsolási időarányok ,
- túlfeszültségek .

c./ vizsgáló feszültségek:

- be- és kimenet között,
- bemenet és a ház között,
- kimenet és a ház között.

d./ klímatis viszonyok:

- páratartalom,
- környezeti hőmérséklet (ϑ_k)
- megengedett hőmérsékletek ($\vartheta_{meg\ réteg}$, $\vartheta_{meg\ ház}$, $\vartheta_{meg\ borda}$, stb.)

Nézzük a felsorolt adatokat részletesebben.

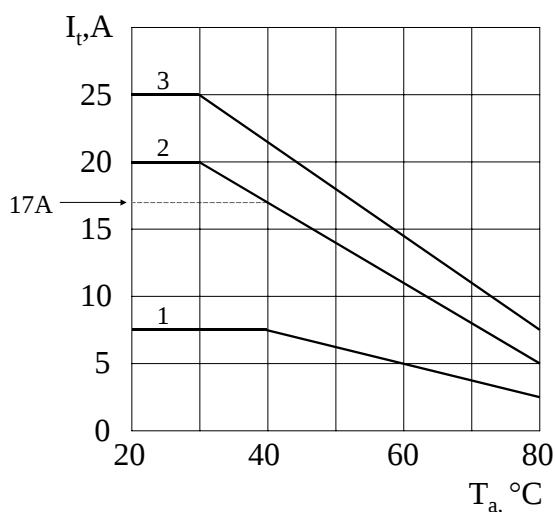
A terhelőkörben fellépő feszültségek és áramok - az eszközök felépítéséből adódóan - a triakok és a tirisztorok adataival hozhatók összefüggésbe.

Az eszköz legnagyobb periódikus záró-csúcsfeszültségének a csatlakoztatott kapocsfeszültség csúcstértékénél 1,5 ... 1,8-szor nagyobbak kell lenni.

A kapocsfeszültség $U=230\text{ V}$, 50 Hz -es hálózaton $230 \cdot \sqrt{2} = 325\text{ V}$ csúcstértékű. A megengedett + 10 %-os feszültség-ingadozást figyelembe véve 357 V-al számolhatunk. A külső és belső túlfeszültségekre való tekintettel bizonyos biztonsággal 600 V-os csúcs-zárófeszültségű elemet kell felhasználni.

A védőelemekkel ellátott eszközök esetén a du/dt kritikus feszültség változási meredekség kb. $100\text{ V}/\mu\text{s}$ értékű. Ha a feszültségváltozás meredeksége ezt az értéket meghaladja a szilárdtest relé kimenetén, akkor a félvezető gate-anód kapacitásán keresztül meginduló $i = C \cdot du/dt$ áram öngyújtást hoz létre a triakon. Ez a jelenség főleg induktív körök kikapcsolása esetén fokozott figyelmet igényel. A bekapcsolt relé kimeneti kapcsain - a névleges áram átfolyása mellett - 1 ... 2 V-os feszültség esés mérhető.

A névleges terhelő áram (tartós áteresztőirányú áram), azaz a szilárdtest relé áramterhelhetősége a rajta disszipálódott hőteljesítmény elvezetésétől függ. Ez megfelelő hűtőbordával és természetes vagy mesterséges légcserével biztosítható. E mellett a relé alkalmazási hőmérséklettartományát is ismerni kell (lásd az 5.4. ábrát).



5.4 ábra

Lököáram határérték: Rövid időre a szilárdtest relé is túlterhelhető. A motor terhelések aktív induktív terhelésnek tekinthetők, ahol a normál körülmények között a bekapcsolási

áram 1 ... 2 szekundumig, a névleges áram 6 ... 10-szeresét is elérheti.

Ha nem áll rendelkezésre egyéb adat, akkor a transzformátorok bekapcsolásához hasonlóan a legrosszabb esetre számolhatunk:

$$I_{t\max} = \frac{U_t}{R_{tek}},$$

A szilárdtest relék védelmére különlegesen gyors biztosítók alkalmazhatók. E biztosító kiválasztásához ismernünk kell a relé $\int i^2 dt$ határterhelési integrálját. A kiválasztás akkor helyes, ha a biztosítóra megadott $\int i^2 dt$ érték kisebb, mint a relére megengedhető érték.

A relék di/dt áramváltozási meredeksége átlagosan 8 ... 10 A/ μ s-os értékű. Nagy kapacitású körök kapcsolásánál fordulhat elő, hogy ezt az értéket meghaladó áramváltozás következik be.

A kiválasztáskor figyelemmel kell lenni az I_{tmin} minimális terhelőáramra (tartóáramra), ugyanis bekapcsolásra kiválasztott áram értékének meg kell haladnia a triakon (tirisztorokon) a vezetést még fenntartani tudó áram értékét. A szilárdtest relé nyitott állapotban a relének mérhető visszárama van. Ezt záróáramnak vagy szivárgási áramnak nevezzük. A terhelőáramhoz képest ez több nagyságrenddel kisebb értékű. A nullaátmenet-kapcsolóval ellátott eszközök táplálása a főáramkörrel történik, emellett párhuzamosan kapcsolódik még az RC védőkör, valamint a varisztor is. Így záróáramuk elérheti a 6 ... 15 mA-t. A nem szinkronozott elemekkel készült relénél mikroamper nagyságú szivárgási árammal számolhatunk. Ezek a jelenségek igazolják, hogy a terhelés galvanikusan nincs leválasztva a hálózatról. A kiválasztás során feltétlenül szükséges a vezérlőkörü paraméterek ismerete. A gyártó cégek táblázatokban közlik a relék megengedett működtető feszültségét, valamint a logikai áramkörrel való közvetlen meghajtás esetén a minimális megszólalási küszöböt.

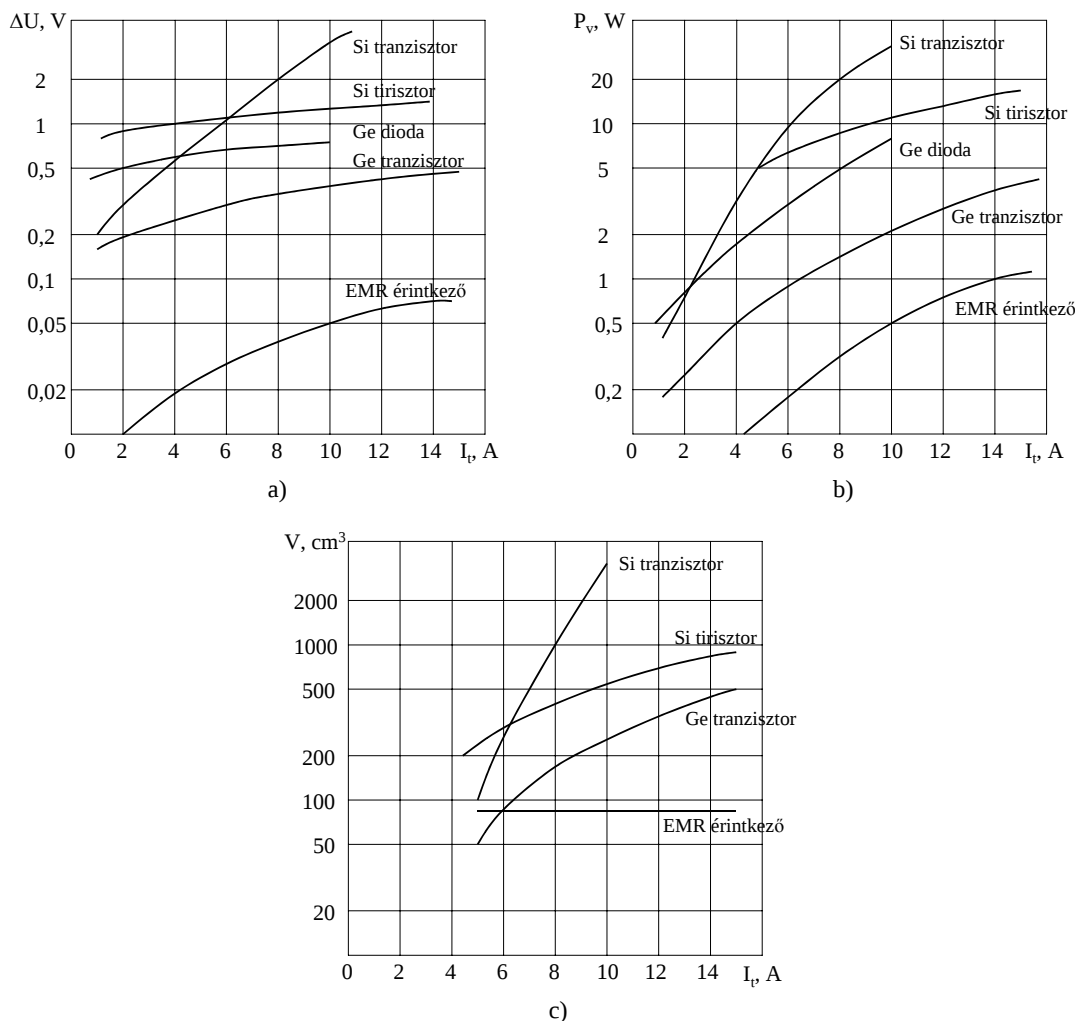
A termikus adatok elemzéséhez ismernünk kell a relén fellépő teljesítményvesztést. Így zárt állapotban az 1 ... 2 V-os feszültségesés a terhelőárammal, a relé nyitott állapotában a szivárgási áram a kapocsfeszültséggel adja ezt a veszteséget. E veszteségek elvezetése miatt a relé háza és a hűtőfelület közötti hőellenállást kell minél alacsonyabb értéken tartanunk.

5.1.5. A szilárdtest relék hátrányai:

A körütekintő kiválasztáshoz ismerni kell a relék hátrányait, melyek a következők:

- kötött a kapcsolt feszültség neme (AC vagy DC), Váltakozó feszültségű típusokban triak vagy tirisztor végzi a kapcsolást, míg egyenfeszültségű alkalmazásban általában teljesítménytranzisztor.
- Nincs "Morse" vagy váltóérintkező.
- Nincs kontaktus sokszorozási lehetőség. Minden kontaktus külön relét igényel. Míg a hagyományos elektromágneses reléknél (EMR) lényeges többletköltséget ez nem jelent, addig itt az érintkező kétszerezés 100 %-os költségnövekedéssel jár.
- Nincs galvanikus elválasztás a kimeneti kapcsok között, a relé nyitott állapotában.
- A kimeneti kapcsok között nagy a teljesítményvesztés. Néhány amperes terhelés kapcsolása már hűtőbordát igényel.

Ez pedig térfogatnövekedéssel jár. Az 5.5. ábra mutatja összehasonlító jelleggel a különböző relék feszültségesését, teljesítményvesztését és helyszükségletét a relé terhelőáramának függvényében. Különösen a nagy áramok tartományában a szilárdtest relé nem éri el a hagyományos elektromágneses kapcsolók (kontaktorok) gazdaságosságát.



5.5 ábra

5.1.6. A szilárdtest relék alkalmazási módja:

Bemenő kör kialakítása:

A tartóáramot biztosító R ellenállás értéke olymódon választandó meg, hogy a rajta átfolyó áram a szilárdtest relé (SSR) vezérlő tranzisztorára megengedhető kollektor áramon belül legyen (5.6. a, és b. ábra).

Terhelőkör kialakítása:

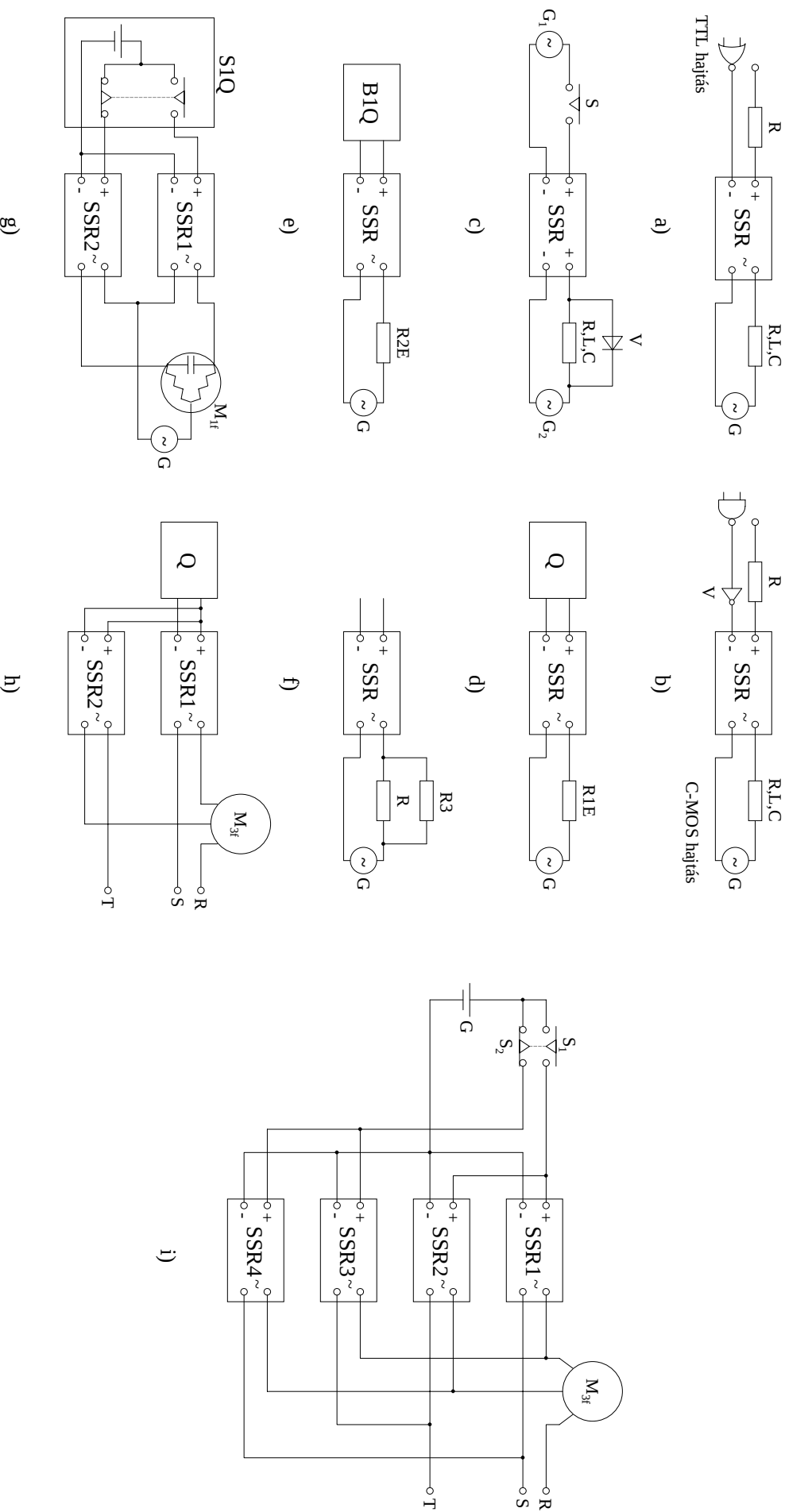
- Egyenáramú induktív jellegű terhelőkörnél visszáram diódát kell alkalmazni a túlfeszültségek csökkentése céljából (5.6. c, ábra),
- Izzólámpa kapcsoló (pl: villogó) kialakítása látható az 5.6.d. ábrán.
- Hőmérséklet szabályozó fűtés kapcsolót mutat be az 5. 6. e. ábra.
- A szivárgási áramot megközelítő értékű kis terhelő áramok kapcsolása a relével (5.6. f. ábra) csak olymódon biztosítható, hogy a terheléssel egy "szívó" ellenállást kapcsolgatnak párhuzamosan, melynek értéke

$$R_3 < \frac{U}{I_{sz} - I}, \text{ ahol}$$

I_{sz} : szivárgási áram;

U : I : a terhelés kikapcsolt állapotának megfelelő feszültség illetve bekapcsolt állapotban a terhelő áram.

- Egyfázisú induktív motor forgásirányváltó hajtással látható az 5.6. g, ábrán,
- Háromfázisú motor be- ki kapcsolását mutatja az 5.6. h. ábra, míg a
- háromfázisú motor forgásirányváltó kapcsolása az 5.6. i. ábrán látható.



5.6 ábra

Nézzük ezek után a szilárdtest relén végezhető méréseket. A méréseket DC bemenetű és AC kimenetű reléken végezzük, figyelemmel kísérve a relékre vonatkozó - gyártó által megadott - katalógus adatokat.

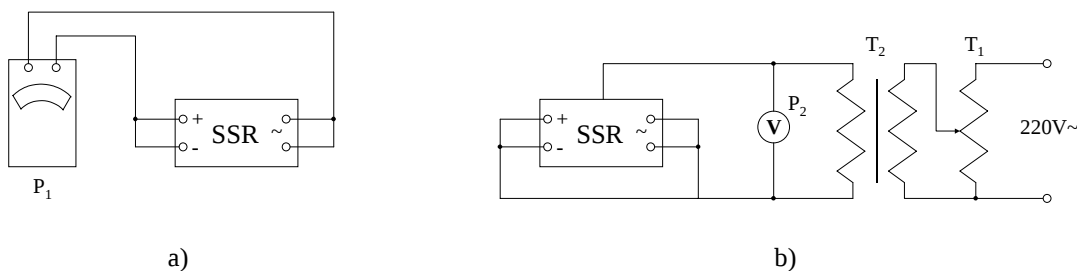
5.2. Szilárdtest relék szigetelési ellenállásának és villamos szilárdságának mérése:

5.2.1. Mérési és kiértékelési feladatok:

- A szilárdtest relé szigetelési ellenállását kell megmérni száraz környezetben és a készülék hideg állapotában úgy, hogy a relét a hálózatról leválasztjuk és a következő helyek között mérünk:
 - a., A páronként rövidrezárt be- és kimeneti kapcsok között.
 - b., A rövidrezárt be- és kimeneti kapcsok és a relé fémburkolata illetve hűtőtönkje között.
- A mért értékek összehasonlítása az előírással és a szabvány szerinti minősítés.
- A szilárdtest relé villamos szilárdsági (átütési)vizsgálatát a környezet száraz és a készülék hideg állapotában kell elvégezni, hogy a relét a hálózatról leválasztjuk és a következő helyek között mérünk:
 - a., A páronként rövidrezárt be- és kimeneti kapcsok között.
 - b., A rövidrezárt be- és kimeneti kapcsok és a relé fémburkolata illetve hűtőtönkje között.
- Az 1 perces próba szabvány szerinti minősítése (átütés történt-e, igen vagy nem).

5.2.2. A mérés kapcsolási vázlata:

A szigetelési ellenállás mérésére alkalmazható kapcsolás vázlata az 5.7.a. ábrán látható, míg a villamos szilárdság vizsgálat kapcsolási vázlatát az 5.7.b. ábrán mutatjuk be.



5.7 ábra

5.2.3. A méréshez felhasznált eszközök:

- Szigetelési ellenállás mérő készülék a hozzátartozó, vagy egybeépített áramforrással ($P1$), amelynek a mérő feszültsége kb. 500 V-os és legfeljebb 5 % hullámosságú egyenfeszültség.
 - a., Egyenirányítós műszer, telepes áramforrással. A mérőkészülékbe kisfeszültségű, kis teljesítményű akkumulátor telep vagy száraz telep van beépítve áramforrásként. A telep egyenfeszültségéből tranzisztoros átalakító és feszültségsokszorozó állítja elő a mérőkapcsokon a választott mérőfeszültséget.
 - b., Kereszttekercses műszer, kézi forgattyús induktor áramforrással (megger). A mérőkészülékbe áramforrásul kézi forgattyús induktor van beépítve. Az induktorhoz kereszttekercses műszer van kapcsolva. Ennek egyik tekercse előtétellenálláson és a mérendő szigetelési ellenálláson át csatlakozik az induktor két kivezetéséhez.

Mindkét mérőműszer a szigetelési ellenállás közvetlen leolvasását teszi lehetővé.

- toroid transzformátor ($T1$), 3 kVA, 220 V/0 ... 240 V;
- nagyfeszültségű transzformátor ($T2$), 0,4 kVA, 220 / 2000 V;
- sztatikus voltmérő ($P2$) ; C50 tip., 0, 5 ... 3 kV,

5.2.4. A mérés és kiértékelés menete

- A szigetelési ellenállás mérést az 5.2.1.pontban felsorolt helyeken kell elvégezni. A méréshez megfelelően szigetelt és szükség esetén árnyékolt mérővezetékkel kell használni. A mérőkörben fémes érintkezés legyen. Megfelelő érintkezést ad a kézzel leszorított, túszerű hegygel kiképzett érintkező,

szigetelt nyélbe fogva. A mért értékek szabvány szerinti értékelése során a következő előírásokat kell figyelembe venni:

- a., Megerősített szigetelés szigetelési ellenállása (II. érintésvédelmi osztályú készülék feszültség alatt álló fémrészei, valamint a megérintható fémrészei és a szigetelő részeit borító fémfólia között) 7 Mohm .
- b., Védőszigetelés szigetelési ellenállása (a meg nem érintható fémrészek között) 5 Mohm .
- c., Üzemi szigetelés szigetelési ellenállása (az előbb fel nem soroltak esetében) 2 Mohm .
- A villamos szilárdság vizsgálatát terheletlen állapotban az 5.2.1.pontban leírt helyeken kell elvégezni. A készülék egyszeri vizsgálatához 1500 V , 50 Hz -es váltakozó próbafeszültséget kell alkalmazni, 1 perces igénybevételi időtartammal. Figyelembe véve, hogy egy-egy készüléken ismételt próbát végzünk, a katalógusok az előírt próbafeszültség 80% -át engedik meg, így a próba 1200 V -os feszültséggel történik, változatlan igénybevételi időtartammal. A villamos szilárdság vizsgálat eredménye megfelelő, ha a vizsgálat során a szigetelés mentén tartós átívelés vagy a szigetelésen keresztül átütés nem következik be.

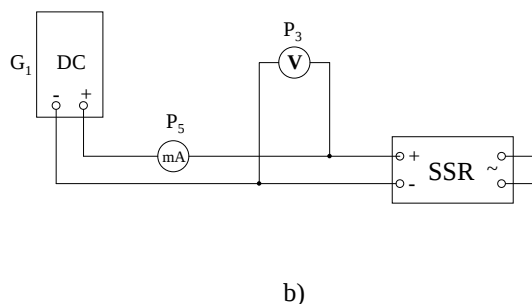
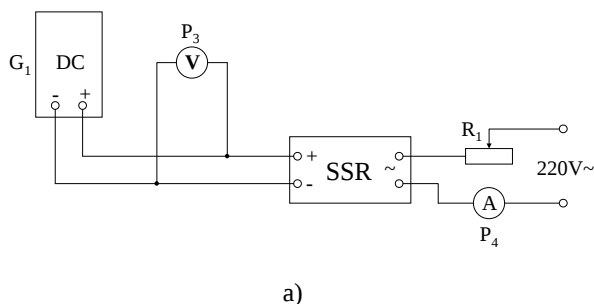
5. 3. Szilárdtest relék vezérlési jellemzőinek mérése

5. 3. 1. Mérési és kiértékelési feladatok:

- Meghatározandó a legkisebb gyújtási feszültség és a legnagyobb reteszelési feszültség értéke.
- Meghatározandó a bemenő feszültség függvényében a bemeneti áramerősség.
- A mért adatokból kiszámítandó a felvett teljesítmény és a bemeneti impedancia.

5. 3. 2. Mérés kapcsolási vázlat:

A szilárdtest relé gyújtási és reteszelési feszültségének meghatározására szolgáló kapcsolási vázlat az 5.8.a. ábrán látható, míg a bemenő kör jellemzőinek mérési kapcsolásának vázlat az 5.8.b. ábrán található.



5.8 ábra

5.3.3. A méréshez felhasznált eszközök:

- stabilizált DC-tápegység ($G1$), TR 9150 tip.;
- digitális multiméter ($P3$), TR 1660 tip.;
- ampermérő ($P4$), HDA tip.;
- terhelő ellenállás (tolóellenállás, $R1$), 268 Ohm ;
- mA-mérő ($P5$), GANZUNIV 3 tip.;

5.3.4. A mérés és kiértékelés menete:

A gyújtási és reteszelési feszültség meghatározásához a bemenetre először akkora feszültséget kapcsolunk, (pl. 20 V), hogy a relét biztosan bekapcsolja. Ezt követően a kimenet terhelő áramkörében a toroiddal és a terhelő ellenállással egy adott áramértéket (pl. 1 A) állítunk be. A terhelő áram pontos értékének tartása egyébkény érdektelen, ugyanis csak a relé bekapcsolt állapotát hivatott jelezni, így akár egy izzólámpa is megfelelne a látjelzéshez. A mérés további részében a vezérlőköri feszültséget $0,1\text{ V}$ -os lépésközzel csökkentjük, addig amíg a relé ki nem kapcsol. Fordított sorrendben, azaz a feszültség növelésével viszont a gyújtási feszültség értéke határozható meg, amikor a relét bekapcsolt állapotba hozzuk.

A bemenő kör jellemzőinek mérése során a kimenet feszültségmentes. A gyújtási feszültségtől indulva - tíz lépésben - a feszültséget 30 V-ra növeljük és közben mérjük az összetartozó áramértékeket. Ezen értékekből számítással meghatározzuk a bemeneti impedanciát és a felvett teljesítményt, majd ábrázoljuk az $I_V(U_V)$, $Z(U_V)$ és $P(U_V)$ függvényeket.

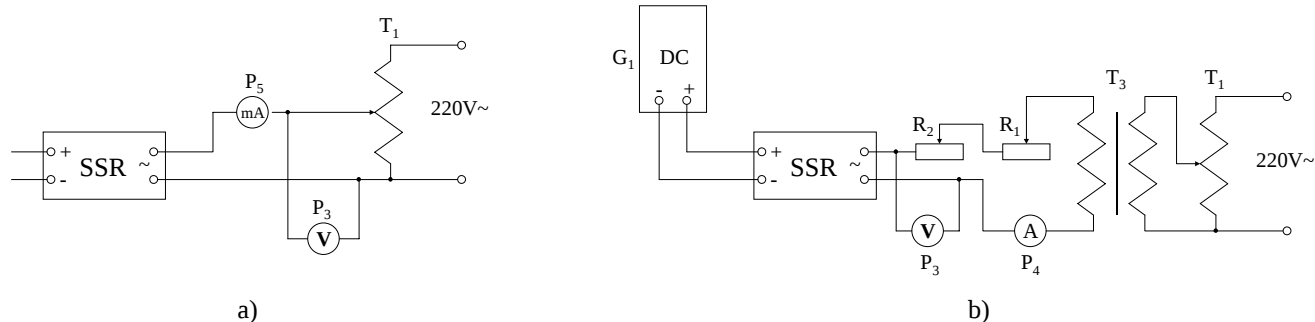
5.4. Szilárdtest relé szivárgási áramának és a kimeneti kapcsok közötti feszültségesés mérése:

5.4.1. Mérési és kiértékelési feladatok:

- Megmérendő a relé "kikapcsolt" állapotában a kimeneti kapcsok között folyó szivárgóáram, a gyári katalógusban szereplő kimeneti feszültségtartományban, kb. tíz helyen,
- Felrajzolendő az $I_{sz}(U_T)$ függvény,
- A relé bekapcsolt állapotában mérendő - különböző terhelő áramok esetében - a kimeneti kapcsok közötti feszültségesés (legalább tíz mérés legyen).
- Felrajzolendő az $U(I_t)$ jelleggörbe,

5.4.2. A mérés kapcsolási vázlat:

A relé szivárgási áram mérésére alkalmas kapcsolási vázlat az 5.9.a. ábrán, míg a feszültségesés mérés kapcsolási vázlat az 5.9.b. ábrán látható.



5.9. ábra

5.4.3. A méréshez felhasznált eszközök:

- stabilizált DC tápegység ($G1$); TR 9150 tip.;
- toroid transzformátor ($T1$); 3 kVA, 220 V/0 ... 240 V;
- kisfeszültségű transzformátor ($T3$); TR 1660 tip.;
- ampermérő ($P4$); HDA tip.;
- mA-mérő ($P5$); GANZUNIV 3 tip.;
- tolóellenállások ($R1$ és $R2$), 268 ohm és 7,6 ohm,
- digitális multiméter ($P3$); TR 1660 tip

5.4.4. A mérés és kiértékelés menete:

A szivárgási áram mérését úgy végzzük, hogy a relé kikapcsolt állapotában a terhelés feszültségét változtatjuk egy toroid transzformátorral ($T1$) közben a mA-mérő műszeren leolvassuk a szivárgási áram értékét. A feszültséget kb. 20 V-os lépésközzel állítjuk be. A mért értékekből felrajzoljuk az $I_{sz}(U_T)$ függvényt.

A relé kimeneti kapcsai közötti feszültségesés mérést úgy végezzük, hogy a relét bekapcsolt helyzetbe hozzuk ($U_V = 20$ V), majd a terhelő áramkörben a toroid transzformátorral ($T1$) és a tolóellenállásokkal ($R1$ és $R2$) különböző terhelő áramokat állítunk be (az $I_t = 0,05 \dots 10$ A-es áramtartományban tíz különböző értéket). Az egyes áramértékeknél leolvassuk a kimeneti kapcsok közötti feszültséget azaz a relé feszültségesését. A mért értékekből felrajzoljuk a $\Delta U(\log I_t)$ függvényt.

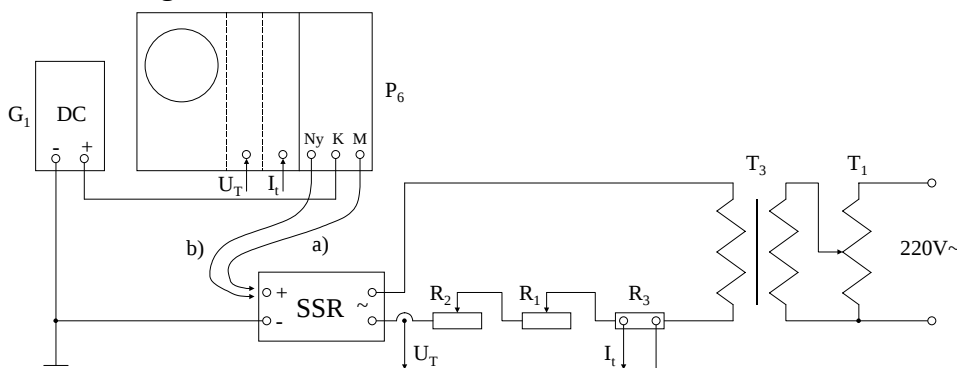
5.5. Szilárdtest relék kapcsolási időértékeinek mérése

5.5.1. Mérési és kiértékelési feladatok:

- A bekapcsolási idő mérése során vizsgáljuk a kimenő körben a terhelésen fellépő feszültséget, illetve a terhelő áramot. Figyeljük meg a relé feszültség nullaátmenetben történő bekapcsolási sajátosságát. Kérdés, hogy mekkora lehet a bekapcsolási idő szórása ilyen esetben?
- A kikapcsolási idő vizsgálata során azt kell megállapítani, hogy mekkora ez az idő és az áram nullaátmenet közelében a relé milyen sajátosságokkal bír.

5.5.2. A mérés kapcsolási vázlata:

A mérés kapcsolási vázlata az 5.10. ábrán látható. a.,-val jelölve a bekapcsolási és b.,-vel jelölve a kikapcsolási időérték vizsgálatánál alkalmazott összekötést.



5.10 ábra

5.5.3. A méréshez felhasznált eszközök:

- stabilizált DC tápegység (G_1); TR9150 tip.;
- toroid transzformátor (T_1); 3 kVA, 220 V/0 ... 240 V;
- kisfeszültségű transzformátor (T_3); 0,4 kVA, 220/24 V;
- tolóellenállások (R_1 és R_2); 268 ohm és 7,6 ohm;
- sönt ellenállás (R_3); 1 abs. ohm;
- jeltárolós oszcilloszkóp (P_6); RFT gyártmány, OG-2-31 tip.;

5.5.4. A mérés és a kiértékelés menete:

A bekapcsolási idő vizsgálata során az 5.10.a. ábrának megfelelő kapcsolásban az oszcilloszkópot egyszeri lefutású, kézi indítású üzemmódba, tárolás állásba kapcsoljuk. Ezt megelőzően a DC tápegység közvetlen csatlakoztatásával 20 V-os vezérlőjellel a relét bekapcsoljuk és a terhelő áramkörben egy adott áramot (pl. 2 A) állítunk be. Az oszcilloszkópon az 1X-i lefutást indító gomb benyomásával a tápfeszültség (U_T) és a terhelő áram (I_T) jelenik meg. Kiértékelendő - öt egymásutáni mérésből - a bekapcsolási idő szórása. A kikapcsolási idő vizsgálatát az 5.10.b. ábrának megfelelő kapcsolásban végezzük. Az 1X-i lefutást indító gomb benyomásával regisztráljuk a tápfeszültséget és a terhelő áramot. Kiértékelendő - öt egymásutáni mérésből - a kikapcsolási idő szórása.

Amennyiben az oszcilloszkópon a kapcsolási folyamat időben nem húzható szét, úgy a kiértékelés mindkét esetben csak a minőségi jellemzők megállapítását jelentheti.

5.6. Egy és háromfázisú motor működtetése szilárdtest relével:

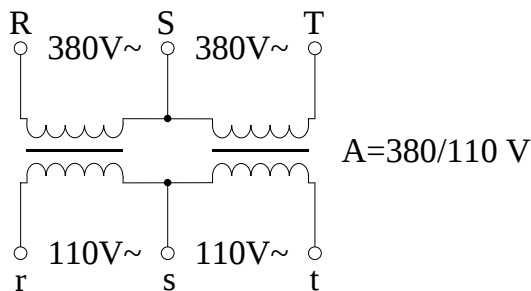
5.6.1. Mérési és kiértékelési feladatok:

- Egy- és háromfázisú motor be- és kikapcsolásának illetve forgásirány váltó kapcsolásának megvalósítása szilárdtest reléekkel,
- Be-, ki- és átkapcsolási próba végrehajtása.

5.6.2. A mérés kapcsolási vázlata:

Az egyfázisú motorhoz alkalmazható kapcsolási vázlat az 5.6.g. ábrán látható, míg a háromfázisú motor kapcsolásait az 5.6.h. és i. ábrák mutatják be. A háromfázisú motor vizsgálatánál figyelembe kell venni

azt a tényt, hogy a szilárdtest relék általában 220 ... 250 V tápfeszültségre készülnek. Ezért a motort az 5.11. ábra szerinti transzformátor kapcsoláson keresztül csatlakoztassuk a 3 x 400/230 V-os hálózatra.



5.11 ábra

5.6.3. A méréshez felhasznált eszközök:

- Szilárdtest relék és nyomógombok vagy kapcsolók vizsgáló panelre szerelve.
- stabilizált DC tápegység.
- 2 db 380/110 V áttételű transzformátor,
- egy és háromfázisú motor (pl. HZF 71b-2 tip., 3 x 380/220 V, 550 W),

5.6.4. A mérés és kiértékelés menete:

Az egyes kapcsolások kialakítása után üzemszerű próba kapcsolások végrehajtása.

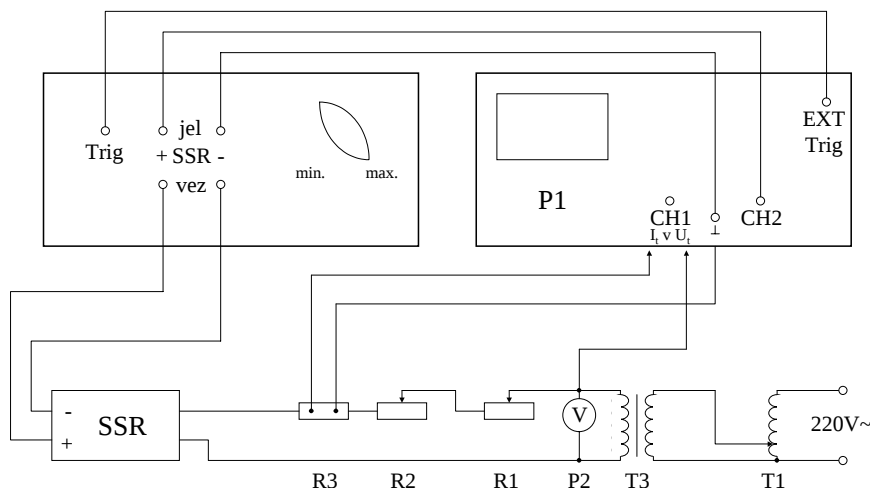
5.7. Szilárdtest relék be- és kikapcsolási hibáinak mérése

5.7.1. Mérési és kiértékelési feladatok:

- A relé maximális be- és kikapcsolási hibájának mérése, a terhelőkör feszültségének függvényében. A relé kapcsolási sajátosságainak megfigyelése és értelmezése. A mérési eredmények értékelése és ábrázolása.

5.7.2. A mérés kapcsolási vázlat:

A mérés kapcsolási vázlat az 5.12. ábrán látható



5.12 ábra

5.7.3. A méréshez felhasznált eszközök:

- toroid transzformátor (T1); 3 kVA, 220 V/0 ... 240 V;
- kisfeszültségű transzformátor (T3); 0,4 kVA, 220/24 V;
- tolóellenállások (R1 és R2); 268 ohm és 7,6 ohm;
- sönt ellenállás (R3); 1 abs. ohm;
- oszcilloszkóp (P1); EMG 1568 tip.;

- V-mérő (P2), HL V-2 lágyvasas típus,
- SSR vezérlő áramkör,

5.7.4. A mérés és kiértékelés menete.

A mérés megkezdése előtt kb. 1 A terhelő áramot állítunk be a relé bekapcsolt állapotában, majd a szilárdtest relé bemenetét csatlakoztatjuk a vezérlő áramkör "SSR VEZ" nevű kapcsihoz. Az oszcilloszkóp egyik sugarán megjelenítjük a relé vezérlő jelét, míg a másikon a terhelés áramát vagy feszültségét. A mérés során változtatjuk a terhelőkör feszültségét $0 \dots 24\text{ V}_{eff}$ érték között és mérjük a be- és a kikapcsolási időkéseések maximumát, valamint a nullaátmenettől való eltérését. A kapott mérési eredményeket értelmezzük, meghatározzuk a kapcsolási szöghibákat, melyeket extrapolálunk a 230 V_{eff} értékű hálózati feszültségre. A mért és számított eredményeket ábrázoljuk mindkét léptékben a terhelőkör feszültségének függvényében.