

Alkalmazott elektronika labor beugrók

Hibák biztosan vannak benne!

1. Nagyáramú mérőhely

Ellenőrző kérdések

- 1.) Ismertesse a megismert feszültség és áramérzékelési módszereket!
- 2.) Ismertesse a megismert előtöltési lehetőségeket!
- 3.) Ismertesse a megismert túláramvédelmi megoldásokat!
- 4.) Ismertesse a megismert túlfeszültségvédelmi megoldásokat!
- 5.) Ismertesse a megismert hálózatra kapcsolt konverterek irányítási stratégiáit!

Potenciális beugró kérdések

A nagyáramú mérés egy 10 perces beugró megírásával kezdődik. A beugró során 5db kérdést kell megválaszolni, amely egyrészt a váltakozó áramú hálózatok alapfogalmaival másrészt az alább olvasható témakörökkel kapcsolatos. A kérdésekhez négy válasz lesz megadva a beugró során, amelyből a helyes választ ki kell választani! A mérés megkezdésének feltétele minimum két beugró kérdés helyes megválaszolása. A mérésre kapott jegy a beugró helyesen megválaszolt kérdések száma (2-5) 30%-os súllyal és a mérés során végzett munkára kapott jegy (2-5) 70%-os súllyal.

Adott egy egyenfeszültségű hálózat, melyről egy ellenálláson keresztül egy kisütött kondenzátort töltünk elő. Mekkora az előtöltő ellenálláson hővé alakuló energia?

$$E = \int_0^{\infty} p(t) dt = \int_0^{\infty} \frac{u^2(t)}{R} dt = \int_0^{\infty} \frac{(U \cdot e^{-\frac{t}{RC}})^2}{R} dt = \int_0^{\infty} \frac{U^2}{R} \cdot e^{-\frac{2t}{RC}} dt = \frac{U^2}{R} \cdot \left[\frac{e^{-\frac{2t}{RC}}}{-\frac{2}{RC}} \right]_0^{\infty} = \frac{1}{2} \cdot C \cdot U^2$$

Váltakozó feszültségről táplált egyenirányító terhelése egy kapacitás, amit szeretnénk előtölteni. Milyen megoldások közül választhatunk?

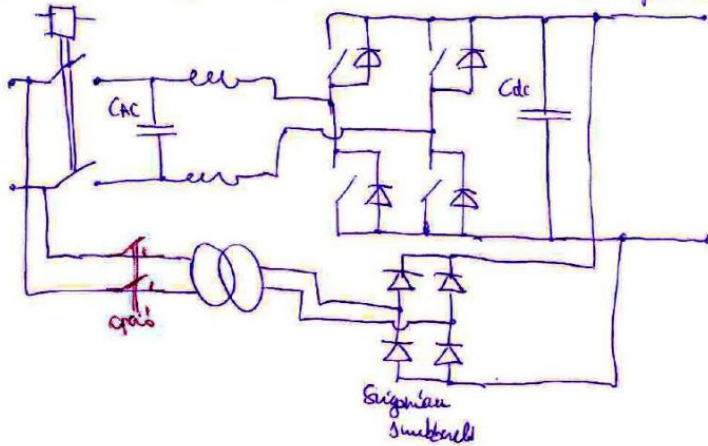
NTC, ellenállással párhuzamos relé.

Vezérelt egyenirányító vagy transzformátoros előtöltés

Egyenköri kondenzátort töltünk elő úgy, hogy az előtöltést egy hálózati feszültségre kapcsolt transzformátor szekunder oldalára kötött egyenirányító végzi. Az egyenirányító kimenete a feltöltendő kondenzátorra kapcsolódik. Mi gondoskodik a kisütött kondenzátor töltőáramának korlátozásáról?

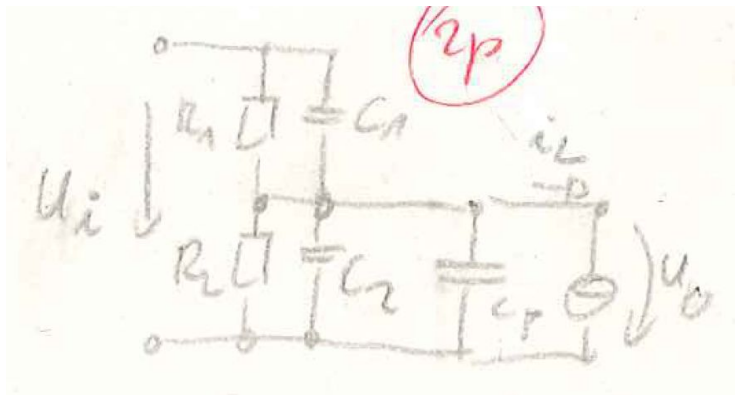
A transzformátor dropja.

d3) Ha aktív egyenirányító a bemenet, akkor transzformátor előtöltést alkalmazunk.



- Először a transzformátoros körű indítjuk. A napi dropja korlátozza az indítási áramot. Cdc feltöltődik. Trafó specialis!
- Ha Cdc feltöltődött akkor újraszámolunk indítási áramot és akkor i_i is a helyes mértékűre állítjuk Cdc-t.
- Félkörös áram, előtöltés korlátozó. Mivel normál áram, mind aktív egyenirányító.

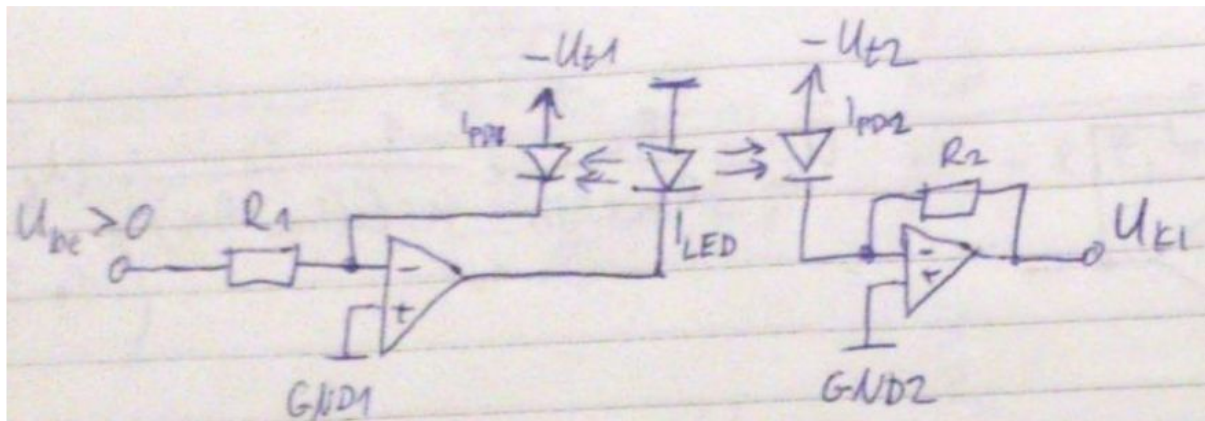
Nagy amplitúdójú váltakozó feszültséget szeretnénk frekvencia függetlenül megmérni galvanikusan csatolt megoldással. Melyik megoldás alkalmas erre a célra?



Frekvenciafüggetlen ha $R1 \cdot C1 = R2 \cdot C2$

Nagy amplitúdójú váltakozó feszültséget szeretnénk megmérni galvanikusan leválasztott megoldással. Melyik megoldás alkalmas erre a célra?

Ellenállásosztóval leosztanám a feszültséget használhatóra, differősítővel eltolnám pozitív tartományba és optós módszerrel tolnám át.



$$U_{ki} = U_{be} \cdot R_2 / R_1$$

Egy DCDC konverterben található induktivitás áramát szeretnénk megmérni galvanikusan leválasztott módon. Melyik megoldás alkalmas erre a célra?

Soros sönt ellenálláson eső feszültség lesz U_{be} az előző áramkörben.

Egy félvezető fűrészel hullámformájú áramát söntös áramérzékeléssel frekvencia függetlenül szeretnénk mérni. A mérendő árammal arányos söntfeszültség előállításához mit kell kompenzálni?

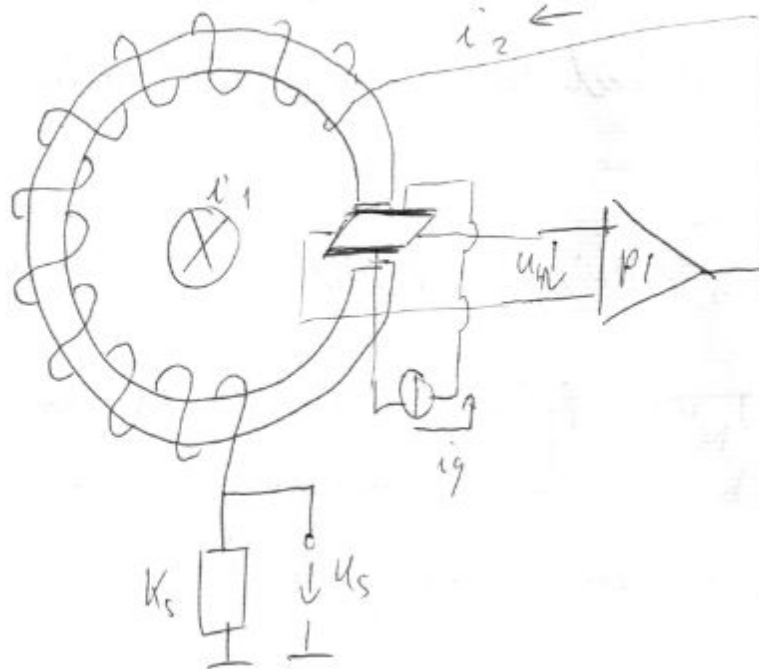
A parazita induktivitásokat.

Egy 50Hz-es hálózatról táplált transzformátor áramát áramváltóval mérjük. Az áramváltó ellenállással van lezárva, azonban a helytelen bekötés miatt a lezárás megszakad. Mi történik ebben az esetben?

Az áramváltó használata során a szekunder kapcsoknak állandóan lezárva kell lenniük. Ha a primer tekercsen áram folyik, és a szekunder lezárást megszakítjuk, az egész primer áram csak a vasmagot gerjeszti; rendkívüli indukció keletkezik a vasmagban, rendkívüli, esetleg életveszélyes feszültség a szekunder kapcsok között.

Egy DCAC átalakító induktivitásának áramát kompenzált Hall effektuson alapuló árammérővel mérjük. A pontos áramméréshez a Hall-os érzékelőnél mit kell kompenzálni?

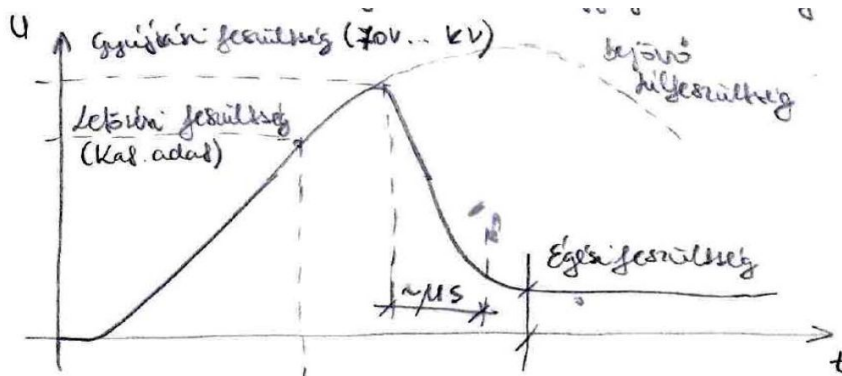
Az offset feszültséget, ami hőmérsékletfüggő.



$U_H = C_1 \cdot B \cdot i_g = C_2 \cdot I_1 \rightarrow C_2$ nem állandó \rightarrow PI addig szabályoz amíg a Hall feszültség 0 értékű nem lesz \rightarrow állandósult állapotban $U_H = 0$

Nagyteljesítményű készülékben argon töltésű szikraközös védelmet telepítünk. Milyen paraméterei vannak a szikraköznek?

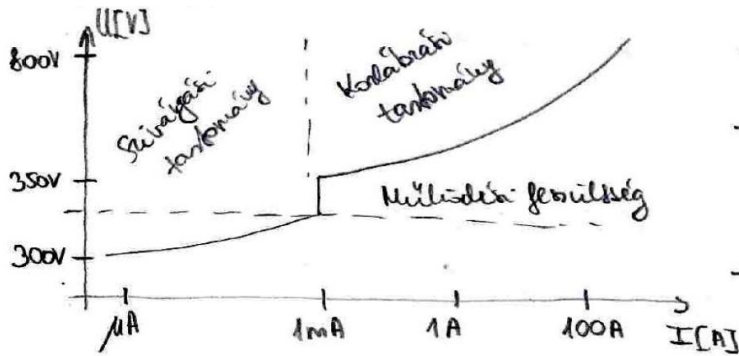
Letörési feszültség, gyújtási feszültség, égési feszültség, maximális teljesítmény.



A katalógusban általában a letörési feszültséget adják meg. Ez az az érték, mely feszültségen természetesen meg éppen kialakulhat. A gyújtási feszültség egy ennél nagyobb érték, mely mindig megfalszólhat az adott állapotban kb. 10... 20% -al nagyobb, mint a letörési értéke. A gyújtási feszültség a letörés előtti követően kis időszakra (kb. 20V) alakul ki, mely a hálózati feszültség módosulása, a kis időszakra nagy leeresztéssel kb. 100V-ra eshet le.

Egy váltakozó feszültségre kapcsolt kapacitást túlfeszültség ellen szilícium-oxid varisztorral védünk. Milyen paraméterei vannak a varisztornak?

Szivárgási áram, maximális teljesítmény, működési feszültség.

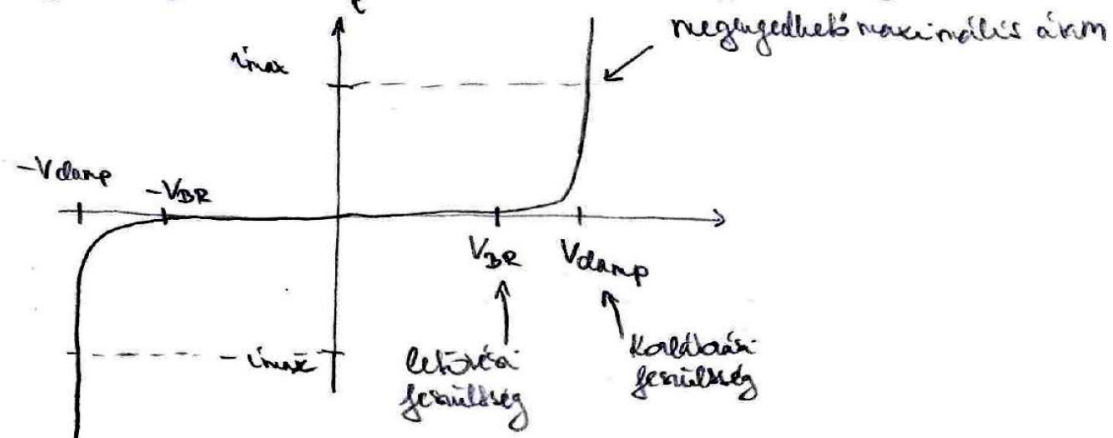


- MOV szivárgási árama tipikusan 1mA körüli névleges feszültségen
- Entenzárral ellentétben korlátozó tartományban nem esik le a feszültsége hanem közel állandó marad
- $I = k \cdot V^{\alpha}$ karakterisztikáival kiszámítható
- Súlyos tartományban változik a feszültsége és vagy a gyártási módja

Egy érzékeny elektronikus áramkör védelmét TVS-el végezzük. Milyen paraméterei vannak a TVS-nek?

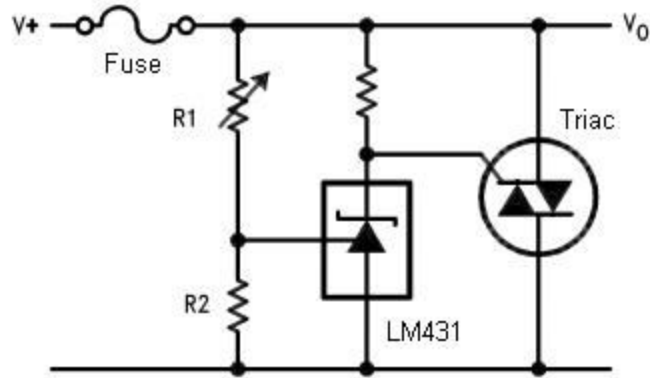
Szivárgási áram, maximális teljesítmény, letörési feszültség, korlátozási feszültség, idő.

Kiseb energiát levezetőké képesek, mint a varistor vagy milivolt, azonban sokkal kisebb a karakterisztikája. Kis szivárgási árammal rendelkezik (μA) és rendkívül gyors működési (ps). Csak impulzusüzemben tud nagy teljesítményt disszipálni. Levegő és TVS hasonló karakterisztikája, de a zener impulzus letörési feszültsége kisebb, légszabó a karakterisztikája és nagyobb a szivárgása.



Kapcsolóüzemű áramgenerátor kimenetét Crowbar alapú túlfeszültség elleni védelemmel látjuk el. Milyen tulajdonságai vannak a Crowbar-nak?

Lehúzza a földre a feszültséget és csak visszakapcsolás után állítható vissza az eredeti állapot. Egy zener dióda vezérel egy tirisztort vagy triac-ot. Biztosítani kell a zárlati áram megszakítását pl olvadóbiztosítóval. Példa egy crowbar kapcsolásra:



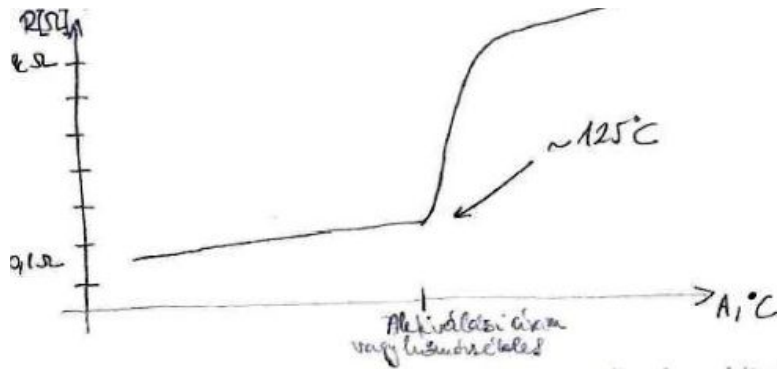
Jelszintű elektronikus áramkörben túláram elleni védelemre Multifuse rendszerű biztosítót alkalmazunk. Milyen tulajdonságai vannak a Multifuse biztosítónak?

Kis teljesítmény szint esetén alkalmazzák, alapjában véve egy pozitív hőmérsékleti együttthatójú ellenállás. Aktiválási áramhatár után nagyságrendekkel emelkedik az ellenállása -> áramkorlátozó. Ha lehült, visszaáll az eredeti ellenállása.

Áramtartomány: 10mA-10A

Fesz. tartomány: <100V

Megszakítóképesség: <100A



Egy elektronikus átalakítóban a hűtőborda hőmérsékletének figyelésére hőbiztosítót alkalmazunk, amely megszóalása esetén lekapcsolja a berendezés tápfeszültségét. Milyen tulajdonságai vannak a hőbiztosítónak?

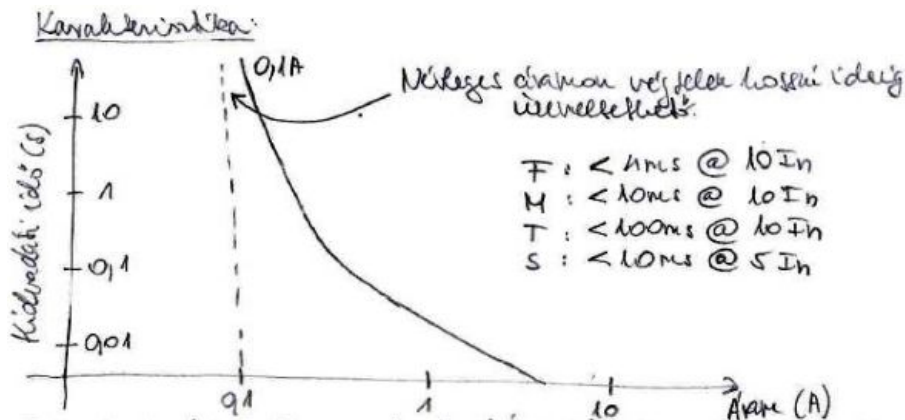
Egyszer használatos elemek, ha eléri a névleges hőmérsékletet, megszakítja az áramkört -> ki kell cserélni. Tipikus tartomány: 50°C-250°C

Egyenfeszültségű körben gyors működésű üvegcsöves rendszerű olvadóbiztosítót alkalmazunk. Milyen tulajdonságai vannak az üvegcsöves biztosítóknak?

Egyik leggyakrabban használt túláramvédelmi eszköz. Kis megszakítóképesség esetén levegő töltésű, nagy megszakítóképesség esetén kvarchomok töltésű.

Jellemzője a kis megszakítóképesség. 4 típusa létezik, többféle méretben:

- Gyors biztosító (F)
- Normál biztosító (M)
- Lomha biztosító (T)
- Solar biztosító (S)



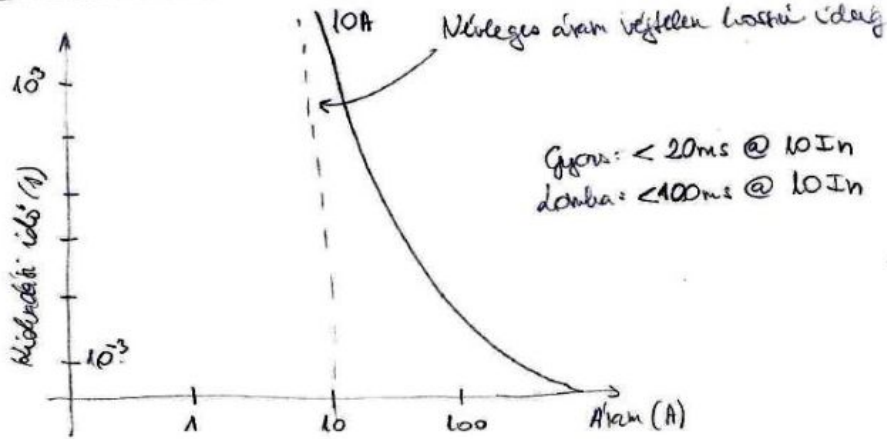
Váltakozó áramú körben Diazed rendszerű lomha olvadóbiztosítót alkalmazunk. Milyen tulajdonságai vannak a D-rendszerű biztosítóknak?

Egy kerámiacsőbe elhelyezett olvadószálat tartalmaznak, kvarchomok töltéssel.

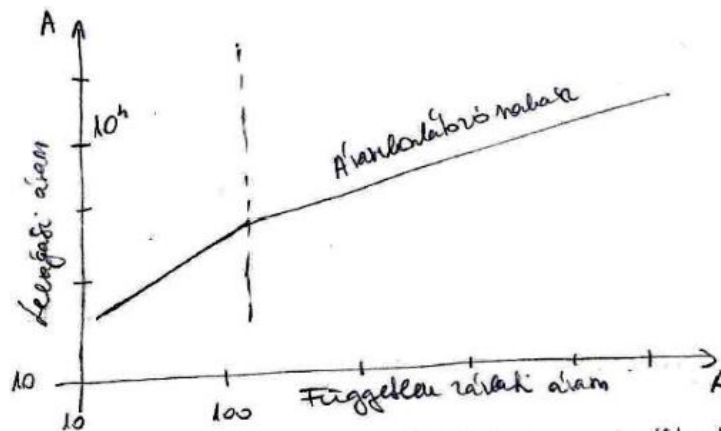
Fesz. tartomány: <500Vac

Áram tartomány: <100 A

Karakterisztika:



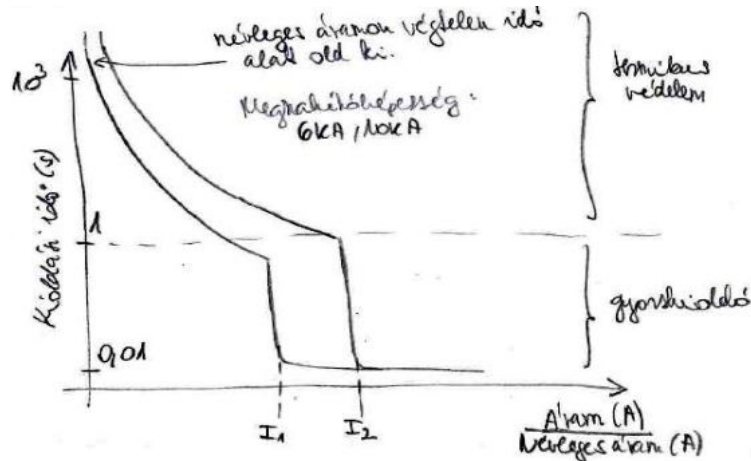
Áramkorlátozási görbe:



Áramkorlátozási jelleggel rendelkeznek, vagyis a zárlat következtében létrejövő ívfeszültség a hálózati feszültség ellenében korlátozza a zárlati áramot. Tartalmaz egy jelzőszemet, amely megmutatja ha kiolvadt és ezért cserélni kell.

Egyenfeszültségű körben Z karakterisztikájú kismegszakítót alkalmazunk túláram elleni védelemre. Milyen tulajdonságai vannak a kismegszakítóknak?

Többször is felhasználható, széles körben használt. Kétféle védelmet tartalmaznak, termikus védelmet illetve gyorskioldót.



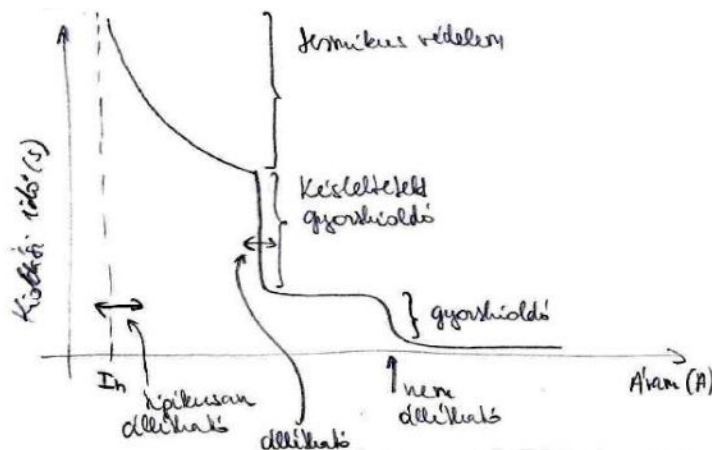
Többféle típus létezik, az I1 és I2 értékekben térnek el.

Z típus: I1=2,5 I2=3,5 Elektronikák védelmére használják.

Szintén rendelkeznek áramkorlátozó jelleggel, sokkal hatékonyabbak mint az olvadóbiztosítók.

Nagyteljesítményű váltakozó áramú körben megszakítót alkalmazunk. Milyen tulajdonságai vannak a megszakítóknak?

100A fölött használunk megszakítókat. Kioltási idő-áram karakterisztikája kismértékben eltér a kismegszakítójához képest:



Áramkorlátozó jellege hasonló a kismegszakítóhoz. Különböző segédberendezésekkel szokták használni, távvezérelhetők illetve gyorskioldhatók a segítségükkel.

Egyfázisú hálózatra kapcsolt inverterben milyen áramszabályozást alkalmazhatunk?

Digitális szabályozó, rezonáns szabályozó

Esetleg ha volt más kérdés is, utólag írjátok ide pls!

Kérdés volt: soros RLC impedanciája rezonancia frekin

2. Ipari folyamatirányítás PLC-vel

Ellenőrző kérdések:

Milyen lépéseket hajt végre a PLC indításkor, a főprogram első végrehajtása előtt?

Törli a bemeneti memóriát, inicializálja a kimeneti memóriát (leállítás előtti vagy alapértelmezett értékekkel).

Végrehajtja a startup OB-eket.

Beolvassa a fizikai bemeneteket a bemeneti memóriába.

Engedélyezi a kimeneti memória kiírását a fizikai kimenetre.

Az ezalatt érkező megszakítások várakozási sorba kerülnek.

Milyen fázisokból, milyen lépésekből áll a PLC program végrehajtási ciklusa?

Kimenetek frissítése.

Bemenetek beolvasása a memóriába.

Ciklus OB-k végrehajtása.

Ön-diagnosztika.

Ezen kívül megszakítások végrehajtása bármikor.

Milyen típusú blokkok használhatóak a PLC programozásakor?

Organization block (OB) : szervezési blokk, meghívja a függvényeket

Function (FC) : függvény globális változókkal

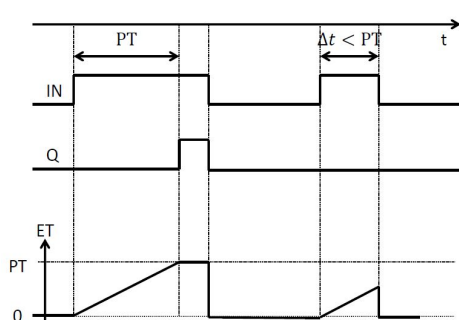
Function block (FB) : függvény saját adatblokkal

Data block (DB) : adatblokk

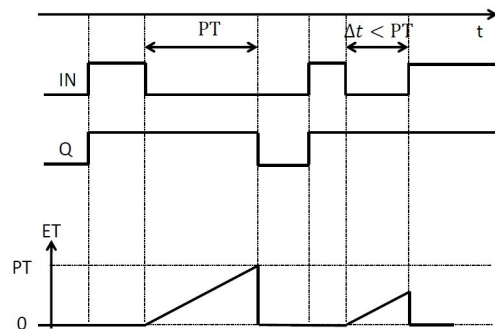
Milyen időzítési, késleltetési lehetőségek használhatóak egy PLC programban?

Bekapcsolás-időzítő, Kikapcsolás-időzítő, Impulzus időzítő

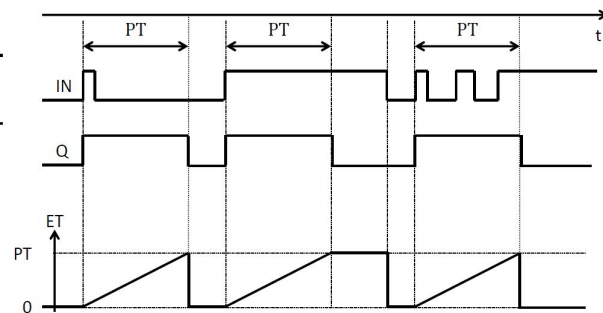
Bekapcsolás-időzítő
(On-delay timer, TON)



Kikapcsolás-időzítő
(Off-delay timer, TOF)



Impulzus időzítő
(Pulse timer, TP)

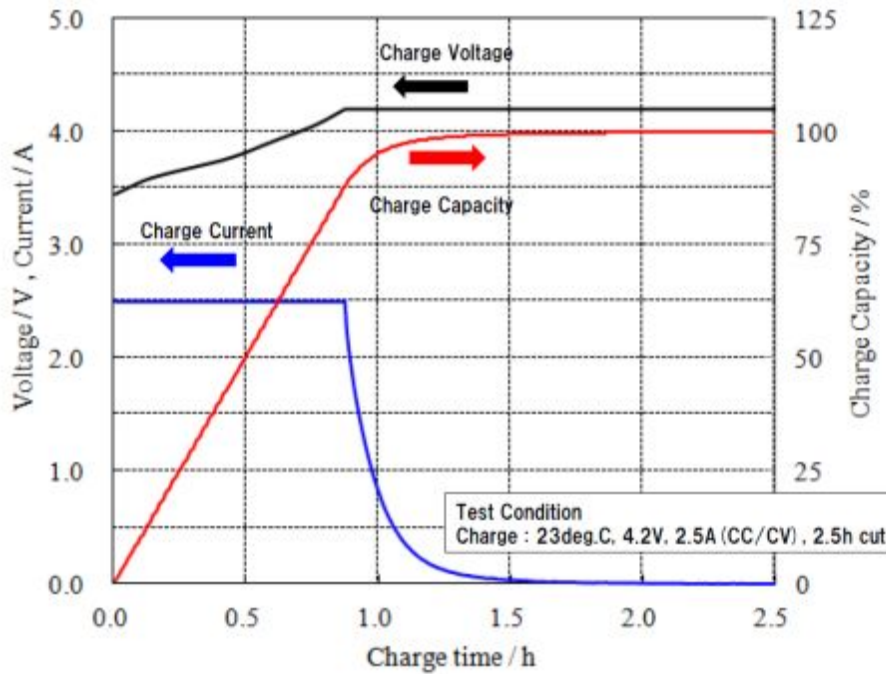


2017.02.21 - nem volt beugró

3. mérés: Li-ion akkumulátor modul és felügyelete

Ellenőrző kérdések

1.) Ismertesse a li-ion cellákra alkalmazott CC/CV töltést: karakterisztika (jelleggörbe), nevezetes pontok a feszültség, áram és kapacitás tengelyeken!



Töltés elején állandó áramú töltés a maximális töltőárammal, a maximális töltőfeszültség elérése után a feszültséget tartjuk, az áram csökken.

A töltési ciklus végét tipikusan a töltési időben adják meg konkrét töltési paraméterek esetén, de gyakrabban az ún. cut-off áramot adják meg, ami a mért cella típusra 100 mA.

2. Leold-e az egyfázisú hálózati betápon levő 16 A-es biztosító, ha erről egy inverteres akkumulátor töltőről (AC/DC) egy 100 soros, 10 párhuzamos li-ion cellából álló, teljesen lemerített akkumulátorpakkot akarnánk tölteni, és miért? Egy cella 2.5 A-rel tölthető, inverter hatásfoka kb. 95%, bekapcsolási tranziensektől eltekintünk.

Max töltő teljesítmény: $230 \cdot 16 \cdot 0.95 = 3500W$

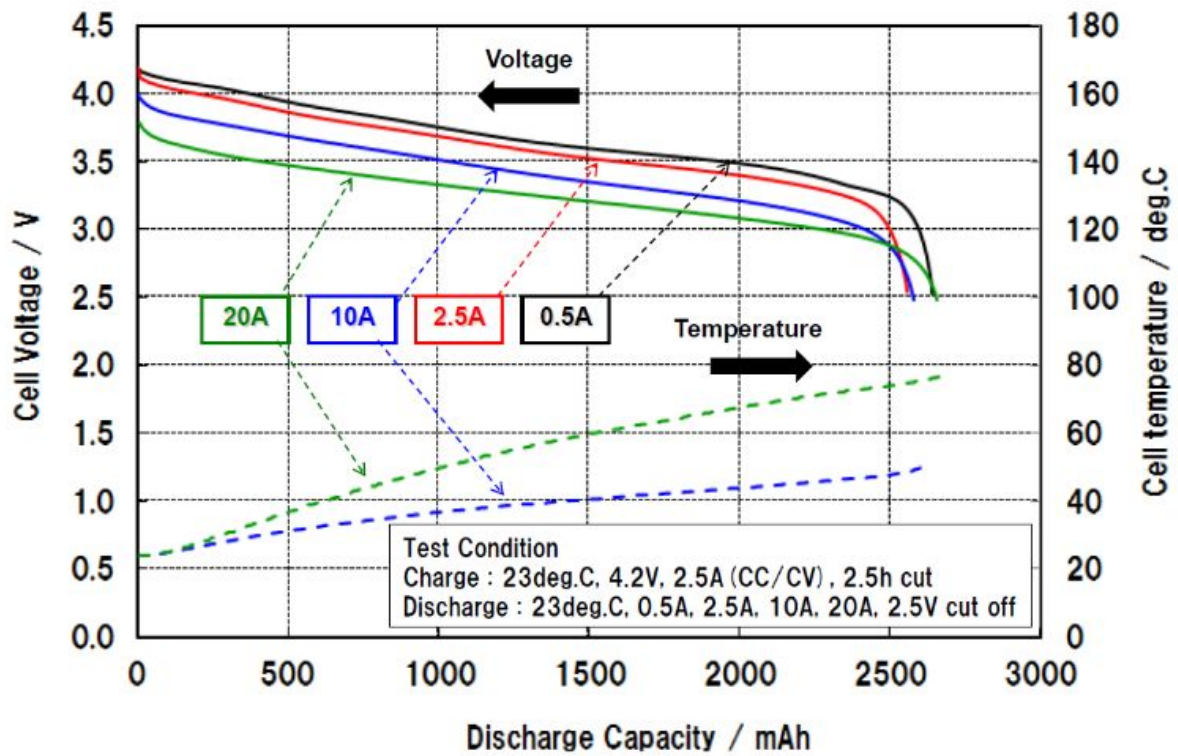
100 db sorba kötött akku feszültsége töltés elején kb. 350V

10 db párhuzamos sort töltünk egyenként 2.5A-rel

Szükséges teljesítmény: $350 \cdot 10 \cdot 2.5 = 8750W$ -> Leold

(CC-CV határán $420 \cdot 25 = 10500W$ kell)

3. Ismertesse a li-ion cellák kisütési karakterisztikáját (1 jelleggörbe kell: fesz vs. DoD vagy SoC) konstans kisütő áramot feltételezve, nevezetes pontok a feszültség és kapacitás tengelyeken!



3. ábra – Kisütési karakterisztika egy cellára különböző áramok esetén

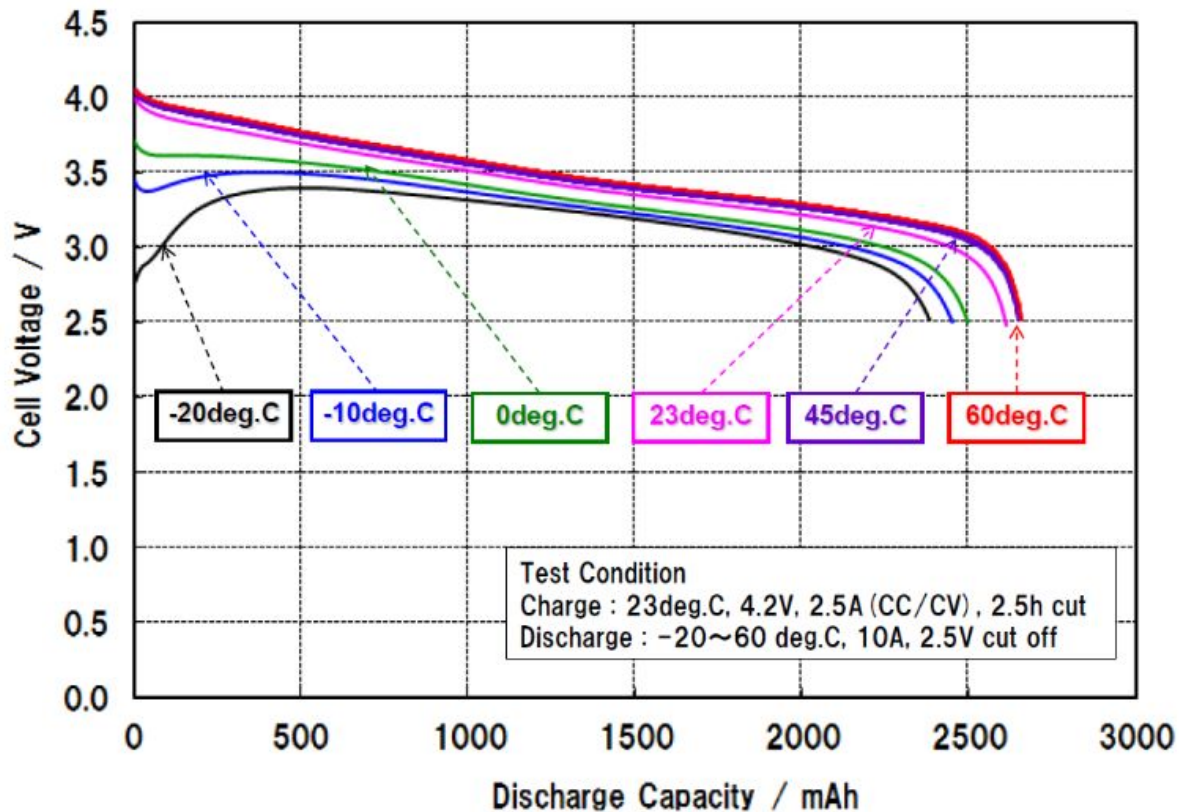
Nagyobb áramú kisütésnél alacsonyabbról indul a karakterisztika a belső ellenálláson eső feszültség miatt. A kisütés alsó határa esetünkben 2.5V

4. Ismertesse hogyan függ a li-ion cellák viselkedése a következőktől (csak logikusan, a cella egy forrás!):

- | | |
|--|----------------------------------|
| a. belső ellenállás az SoC-től, | kisebb SoC -> nagyobb ellenállás |
| b. belső ellenállás az SoH-tól, | kisebb SoH -> nagyobb ellenállás |
| c. kisütési kapacitás az SoH-tól, | kisebb SoH -> kisebb kapacitás |
| d. kisütési kapacitás a kisütő áramtól, | nagyobb áram -> kisebb kapacitás |
| e. kisütési karakterisztika a hőmérséklettől, lásd kép | |
| f. kisütési kapacitás a hőmérséklettől. | kisebb hőm. -> kisebb kapacitás |

SoH: State of health

SoC: State of charge



4. ábra – Kisütési karakterisztika egy cellára 10 A esetén különböző hőmérsékletek esetén

5. Egy li-ion akkumulátor pakkról táplált inverter DC bemenetére előírják a minimum 180VDC, névleges 400 VDC és maximum 470VDC feszültség követelményeket. Adja meg az akkumulátor pakkban a sorosan kapcsolt cellák (cellablokkok) számát!

Minimumból: $180/2.5=72$ (legalább ennyi kell)

Névlegesből: $400/3.6=112$

Maximumból: $470/4.2=112$ (maximum ennyi lehet)

Legyen 112 db.

6. Ismertesse a li-ion celláknál alkalmazott felügyeleti rendszerek (BMS) általános felépítését és főbb feladatait (min. 5)!

Soros túláramvédő bizti vagy valami.

Mögötte párhuzamos túlfeszvédő.

Mélykisütés elleni védelem.

Cellakiegyenlítés.

7.) Milyen cella- és rendszerszintű védelmeket szokás minimum beépíteni egy li-ion akkumulátor pakk főkörébe, illetve a BMS-be?

BMS

HW túlfeszültség hiba jelzés (≥ 4.30 V)

SW túlfeszültség hiba jelzés (≥ 4.25 V)

SW feszültség letörés hiba jelzés (≤ 2.8 V)

HW feszültség letörés hiba jelzés (≤ 2.50 V)

Hővédelem

Főkör

olvadóbiztosító

Rendszerszintű védelmekkel is rendelkezzen a BMS. Mint minden főkör esetén, itt is alapvető a rövidzár védelem. Emelett hardveres és szoftveres védelem is van a Master BMS-ben mindkét áram (DCCP, DCCN), és mindkét feszültség (BPV, DCV) értékeire, azonban a hardveres jelenleg inaktív. Ezek a legkritikusabbak, ezeken kívül szokás még hőmérséklet védelmek beépíteni

8. Vessen össze 2 tetszőleges, a li-ion celláknál alkalmazható SoC becslési módszert, előnyök és hátrányok (min. 3-3)!

Feszültség alapján, sok elemű LUT tábla, melyet frissítünk az élettartam során.

Belső ellenállás alapján.

9. Ismertesse a Coulomb-counting módszert: képlet, paraméterek magyarázatával!

$$SoC = SoC(0) - \frac{1}{QnNp} \int_0^t I \eta$$

Kezdeti SoC értékhez hozzáadjuk a betöltött kapacitást és kivonjuk a kisütöttet.

10. Ismertesse a Coulomb-counting módszer előnyeit és hátrányait (min. 3-3) kitérve a komplexitás, implementálhatóság, pontosság és paraméter függés (érzékenység) kérdéseire is.

Nyílt hurkú integrálás nem stabil.

Kumulált hiba.

A diszkrét integrálás is hibát visz be.

Nagy pontosságú árammérés kell.

Függ a hőmérséklettől, a csillagok állásától.

11. Hogyan oldható meg li-ion cellák esetében Coulomb-counting SoC kezdőérték beállítása?

Lásd 8. feladat

12. Egy egyszerű Coulomb-counting SoC becslőt írunk C nyelven a legegyszerűbb numerikus integrálást alkalmazva! Az algoritmust 10 ms-enként szeretnénk futtatni a BMS-ben.

Egészítse ki a sárgán jelölt részeket (//TODO)!

```
float DCC; /*battery current, + when discharge, - when charge*/
```

```
float SoC_init; //[0,1]
```

```
float SoC; //[0,1]
```

```
float DoD; /*integral kimenet*/
```

```
float DoD_pre; /*elozo integral kimenet*/
```

```
//TODO
```

```
dt= ;
```

```
/*idoleptek SI-ben*/
```

```
IEH= ;
```

```
/*integral egyutthato SI-ben*/
```

```
DoD = ;
```

```
SoC = ;
```

```
DoD_pre= ;
```

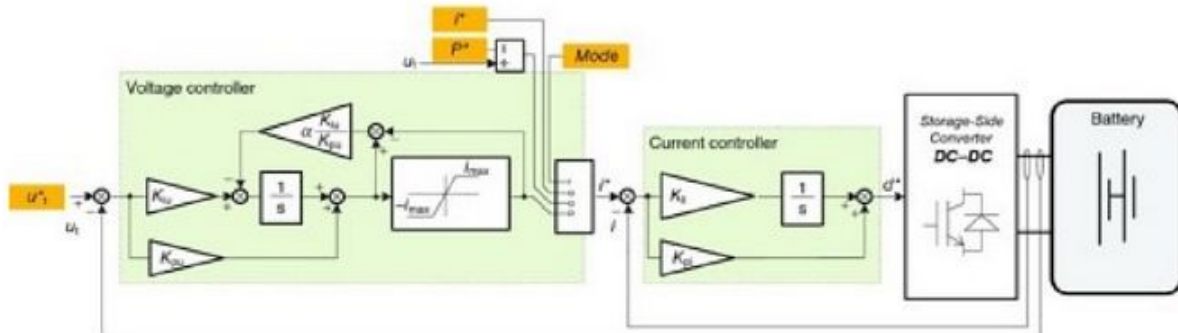
13. Egy 26 Ah névleges kapacitású modul 120 cellát tartalmaz 10 párhuzamos 12 soros konfigurációban, jelenleg 90 %-os töltöttségű. Áramgenerátorosan sűtjük ki először 100 A-rel 5 percig, majd 25 A-rel töltjük 10 percig. Ezután újra kisűtjük 50 A-ról 20 A-re csökkentve lineárisan az áramot 10 perc alatt, majd lekapcsoljuk a terhelést. Reális-e, hogy 3.0 V körüli cella feszültségeket mérünk terhelésmentes állapotban?
Van $0.9 \cdot 26 = 23.4 \text{ Ah}$. Kiveszünk $100 \cdot 5 / 60 = 8.3 \text{ Ah-t}$, betöltünk $25 \cdot 10 / 60 = 4.2 \text{ Ah-t}$.
Aztán kiveszünk még $(50 + 20) / 2 \cdot 10 / 60 = 5.8 \text{ Ah-t}$, marad összesen 13.5 Ah (kb. 52%).
Nem írtak hőmérsékletet, de hacsak nincs extrém hideg, nem reális.

14. Vesse össze a li-ion celláknál alkalmazott passzív és aktív töltés kiegyenlítési eljárásokat (előnyök, hátrányok, min. 3-3)! Adjon 1-1 példát a megvalósításukra is!
Passzív: a jobban töltött cellából elfűtjük a többletet egy ellenálláson. Olcsó, egyszerű, de melegszik.
Aktív: a kevésbé töltött cellába töltjük a át többletet. Drága, bonyolultabb, de jobb hatásfokú töltő lesz.

15. Sorosan kapcsolt cellák egyes feszültségeit szeretnénk mérni. Adjon meg egy lehetséges feszültségmérő kapcsolást topologikusan (nem kell méretezni)! Ön szerint maximum hány darab sorosan kapcsolt cella esetén alkalmazható a kapcsolás, és miért?
Ha csak a két végponthoz férünk hozzá, akkor a mért feszts elosztjuk az akkuk számával, de ez pontatlan lesz.
Ha a belső pontokhoz is, akkor minden akksira izolált differenciális mérőt illesztve a fő áramkör irányába lévő szigetelés átütési feszültsége a korlát?

16.) Ismertesse a CC/CV töltést megvalósító elvi kaszkád szabályozó struktúrát, mely a mért töltőáramot (I_{ch}), a max. folytonos töltőáramot (I_{chMAX}), a mért akkumulátor feszültséget (V_{batt}), és a töltőfeszültséget használja fel (V_{ch})!

Két PI szabályzó, az áram szabályzó van belül.



4.) Ha az akkumulátor modulunk 26 Ah névleges kapacitással rendelkezik, és 75 %-os SoCról elkezdjük kisütni folytonosan 30 A-rel fél órán keresztül, majd töltjük 20 A-rel fél órán keresztül, akkor elméletileg mennyi lesz a modul töltöttsége? [Valóságban több vagy kevesebb lesz, és miért?].

$26 \cdot 0.75 = 19.5 \text{ Ah}$ van az elején.

Kiveszünk 15Ah-t, majdnem visszatöltünk 10Ah-t, marad 14.5Ah.

$14.5/26 = 56\%$ lesz a töltöttség.

A valóságban az akku hatásfoka nem 100%, ezért kevesebb lesz.

5.) Adja meg az SoC(t) [%] számítására szolgáló összefüggést, az I áram (kisütéskor: +), a Q_n [Ah] névleges cella kapacitás és az SoC(0) [%] kezdőértékek függvényében! Mi a helyzet, ha N db párhuzamosan kapcsolt cellára számolunk?

Ehhez tudnia kell a terhelést megelőző SoC értéket (SoC_{init}), melyet tárol. Ebből vonja le a névleges kapacitással (26 Ah) osztott áramintegrál értékét, mely egyébként a DoD értéke.

$$SoC = SoC(0) - \frac{1}{Q_n N p} \int_0^t I \eta$$

6.) Mik a legfőbb problémák a Coulomb-counting-elvű, BMS-ben implementált SoC becsléssel (legalább 3)? (segítség: 5. feladatban a mennyiségek...) Hogyan lehetne figyelembe venni/kompenzálni ezeket?

Az SoC függ elsősorban az áram, kapacitás, töltés/kisütés határfok értékektől.

Instabil, mivel nyílthurkú integrálásról van szó. Tovább nehezíti a dolgot, hogy mivel nagy főköri áramokra tervezünk (itt 300 A), a mérésünk ezen érték alatt pontatlan (kis áramoknál igen csak), amit ugye az integrálással csak tovább akumulálunk. Emellett az offszet hiba egy statikus hibát visz a becslésünkbe, azaz ha például 1%-ot tévedtünk az SoC_init értékénél, a használat végére minimum 1% lesz a hibánk a becsült SoC értékében. Mindezekon kívül persze még a diszkrét integrálással is viszünk be hibát, melynek mértéke elsősorban a használt numerikus módszertől és a lépésköztől függ.

Terheletlen állapotban az SoC_init értékét korrigáljuk egy kisütési karakterisztikát (üresjárás feszültség-SoC) több mint 1000 pontban tároló LUT alapján. Coulomb-counting módszer feltételezi, hogy az egyes – párhuzamos cellákból álló – blokkok SoC-je ugyanolyan mértékben változik, pedig ez ugye nem igaz. (Megj.: erre persze egy jó töltéskiegyenlítő rendszer megoldást nyújthat.)

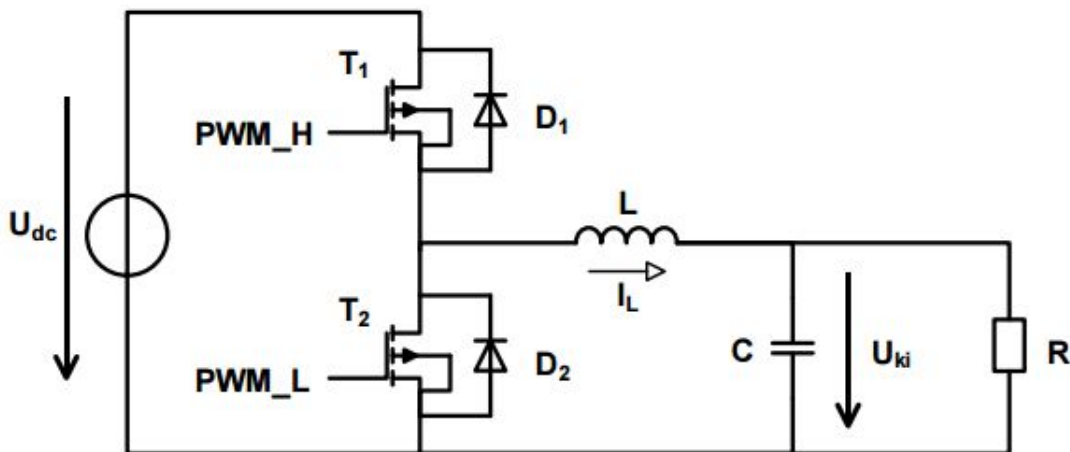
Esetleg ha volt más kérdés is, utólag írjátok ide pls!

4. mérés: Hardware-In-the-Loop szimuláció

1.) Mi a HIL szimuláció? Mire használható?

A HIL szimuláció a teljesítmény-átalakítók irányítórendszereinek tesztelésére használt eljárás. Lényege, hogy valamilyen digitális hardveren implementáljuk az irányítandó főáramkör valósídejű modelljét, mely teljesen transzparens módon képes azt helyettesíteni az irányítóegység számára. Ezáltal gyorsabban, olcsóbban, rugalmasabban tesztelhető annak minden hardveres és szoftveres funkciója

2.) Rajzolja fel az ideális szinkron buck kapcsolást és írja fel a rendszer állapotegyenleteit!



2. ábra: Szinkron buck konverter ellenállás terheléssel

$$L \frac{dI_L}{dt} = U_{inv} - U_{ki},$$
$$C \frac{dU_{ki}}{dt} = I_L - \frac{U_{ki}}{R},$$

ahol U_{inv} a hídág kimenőfeszültsége.

3.) Mit jelent a fixdt(s, m, f) adattípus? - ezt kérdezte

Egy fixpontos adattípus általános esetben a következő alakban írható fel:

$$\text{fixdt}(s, m, f),$$

ahol:

- s: előjelbit; 1 – előjeles szám, 0 – nem,
- m: a típus összes bitjének száma,
- f: az LSB helyértékének 2-es alapú negatív logaritmusa.

Például: $\text{fixdt}(1, 8, 4)$ esetén a szám előjeles, összesen 8 biten ábrázolható, az LSB helyértéke pedig 2^{-4} .

4.) Ismertesse a póluskiejtéses módszerrel történő szabályozó hangolást PI szabályozó és RL-terhelés esetén! - meg ezt is kérdezte

3.2 PI-szabályozó behangolása a póluskiejtés módszerével

Ezzel a módszerrel a szabályozott szakasz (esetünkben egy RL-kör) időállandóját kiejtve a felnyitott szabályozási kört egyszerűbbé tudjuk tenni (egy integrátor és holtidős tag). Az általános PI-szabályozó átviteli függvénye:

$$W_c = A_p \left(1 + \frac{1}{sT_I} \right),$$

az RL-köré pedig:

$$W_{RL} = \frac{1}{R + sL}.$$

A teljes felnyitott kör átviteli függvénye az impulzusszélesség-moduláció okozta holtidő elhanyagolásával a következőképpen alakul:

$$W_c W_{RL} = A_p \left(1 + \frac{1}{sT_I} \right) \cdot \frac{1}{R + sL} = A_p \frac{sT_I + 1}{sT_I} \cdot \frac{1}{R} \cdot \frac{1}{1 + s\frac{L}{R}} = A_p \frac{1}{sT_I} \cdot \frac{1}{R},$$

amennyiben az integrálási időt a szabályozott szakasz időállandójára választjuk, vagyis:

$$T_I = \frac{L}{R}.$$

A szabályozó erősítését pedig úgy választjuk meg, hogy az eredő rendszer vágási körfrekvenciája (és ezzel a beállási ideje) a kívánt helyre essen. A vágási körfrekvencián a körerősítés 1, amiből kiszámítható a szabályozó arányos paramétere:

$$\frac{A_p}{\omega_c T_I R} = 1.$$

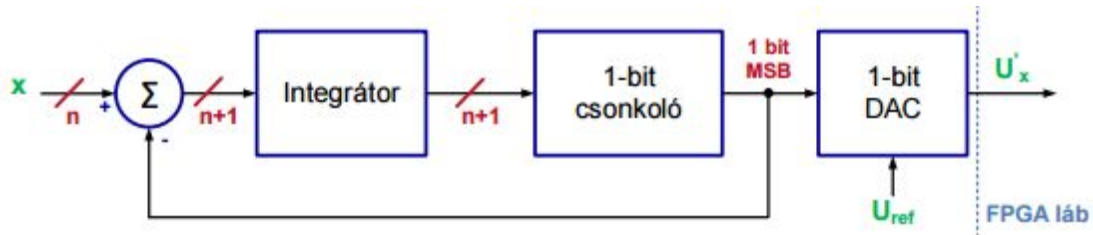
Ha a vágási körfrekvenciát kellően kicsire választjuk (pl.: 100 rad/s), a 10 kHz-es kapcsolási frekvencián járó digitális szabályozó holtideje elhanyagolható, így az tekinthető analóg szabályozónak is. Ekkor zárt rendszer holtidőből adódó fáziskésése a következő lesz:

$$\frac{1.75}{10 \text{ kHz}} \cdot 100 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 1^\circ.$$

5.) Milyen fő részekeségekből épül fel a Xilinx Zynq SoC?

- Processing System (PS): két 650 MHz-es ARM Cortex A9 processzormag a hozzá tartozó tipikus perifériákkal (timer, UART, SPI, I²C, CAN, Ethernet, USB, stb.),
- Programmable Logic (PL): Artix-7 architektúrájú programozható logika, kiegészítve egy 17 csatornás 12 bites A/D konverterrel (XADC).

6.) Rajzolja fel a szigma-delta átalakító blokkvázlatát és ismertesse működését!



6. ábra: Szigma-delta modulátor blokkvázlata

Az átalakító működésének lényege a következő. A kibővített bitszámú integrátor túlcsondulásakor a kimeneten logikai 1-esnek megfelelő feszültség jelenik meg, egyébként 0-s. Túlcsonduláskor az n bites MSB-nek megfelelő értéket levonunk az integrátorból, így a túlcsondulás megszűnik. Minél nagyobb a konverziós érték, annál gyakrabban csordul túl az integrátor és annál több 1-es lesz a kimeneti jelsorozatban. Az FPGA-láb után egy analóg szűrőre vezetve a jelet előállítható annak átlagértéke.

Esetleg ha volt más kérdés is, utólag írjátok ide pls!

5. DC/DC konverterek irányítása és passzív alkatrészek vizsgálata

Ellenőrző kérdések

1.) Mit jelent a négyvezetékes ellenállásmérés? Mikor érdemes használni?

Ügyelni kell arra, hogy a méréshez használt csatlakozóvezeték a mérési eredményt ne hamisítsa meg. Ha a vezeték ellenállása összemérhető a mérendővel, négyvezetékes mérés kell. $R=U/I$ Az áramot és a feszültséget külön 2-2 vezetéken mérjük, így az áram által a mérővezetéken okozott feszültségcsökkenés nem okoz problémát.

Pontos ellenállásmérés valójában csak négyvezetékes mérési elrendezésben valósítható meg. Ennél az elrendezésnél az ellenállást egy a mérőáramot biztosító áramgenerátorral tápláljuk meg, és az ellenállás két referencia-pontja között mérjük a feszültséget. Feltételezve, hogy a mérőműszerünk bemenő ellenállása végtelen (vagy legalábbis nagyon nagy), a feszültséget mérő vezetékek árammentesek lesznek, így ellenállásuk nem számít bele a mérésbe.

2.) Ismertesse a megismert vasmag típusokat, ezek előnyeit és hátrányait!

- Szilikon vasak, alloyok: tipikus ferro mágneses anyagok nagyjából 4szög alakú hiszterézis hurokkal. Széles hurok illetve frekivel arányos veszteség miatt alacsony freki határ (500Hz vagy 1kHz)
- Kerámia alapú anyagok: tipikusan lágyvasmagok -> keskeny hiszterézis hurok-> nagy frekit is bírják
 - Amorf vasak(nanovasak): 1,5-1,6T
 - MnZn ferrit 0,3T <2MHz
 - NiZn ferrit: 0,3T ->2MHz... 500MHz (hir. technika)
- Porvasmagok: Nagy Dc előfeszítés és kis AC komponens esetén használhatók (fojtó) tipikusan elosztott légréses kivitelben -> trafónak nem alkalmas 0,7T...1.5T

3.) Ismertesse a megismert kondenzátor típusokat, ezek előnyeit és hátrányait!

Lehet DC AC vagy Impulzus szerint csoportosítani őket.

- Elektrolit kondenzátor ELKO: Alu vagy tantál DC és polarizált kondi
- Nem polarizált DC:
 - Papír szigetelésű (már csak olajtöltésű kivitelben)
 - MP metál papír: öngyógyuló mert fémet gőzölnek a papírra
 - műanyag szigetelésű: polietilén, polisztriról, PET, teflon

Ac kondik: mint a DC kivéve a teflon és papír szigetelésű impregnálják őket a dörzsölődés ellen

Kerámia kondik: pF...4,7nF 47V...3,5kV

induktív szegény, szűrőkörbe, kis telj. snubber áramkörökhöz

Multilayer kondik: többretegű kerámia kondenzátorok

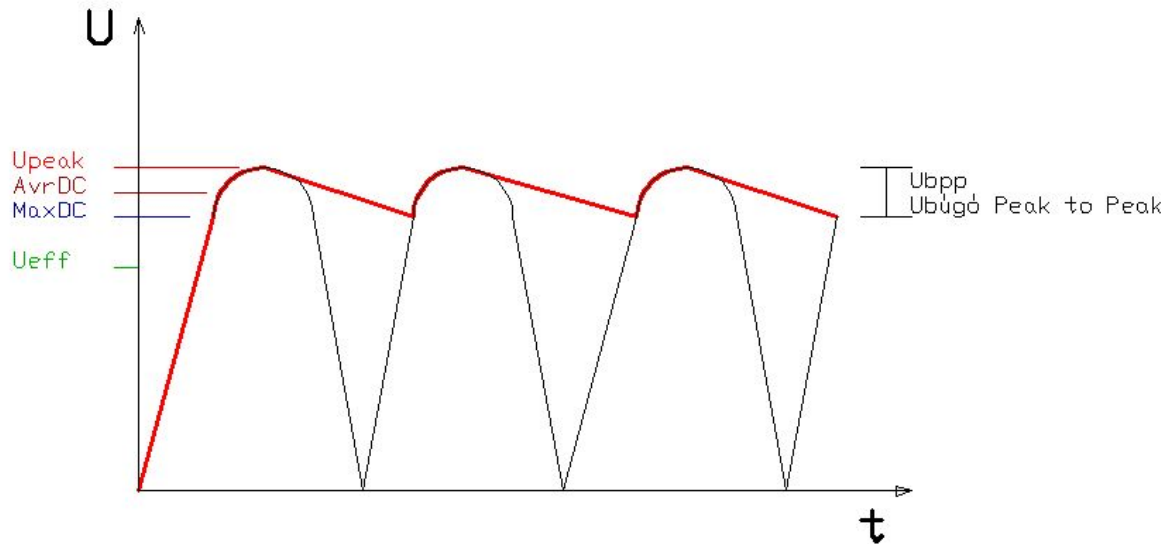
4.) DC/DC konverterek esetében mit jelent az áramhullámosság és a bűgófeszültség?

Mi a különbség folytonos és szaggatott áramvezetés között?

Áramhullámosság: az egyenáramra szuperponálódó váltakozó áram amplitúdója

Bűgófeszültség: a bemeneti kondenzátoron az adott terhelés hatására bekövetkező feszültségcsökkenés

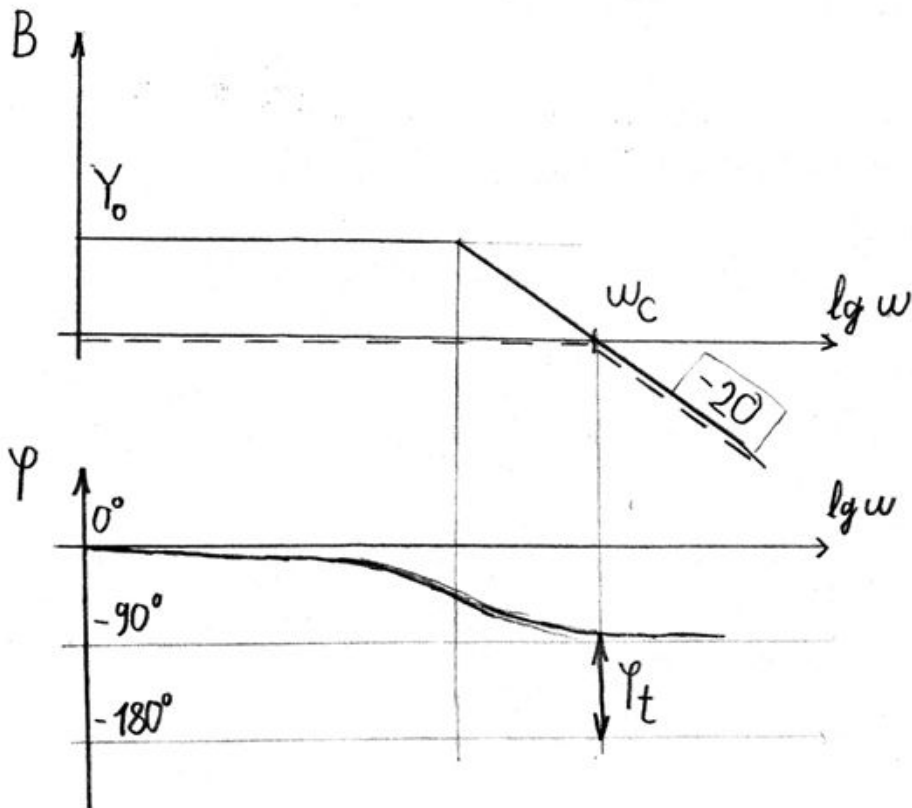
(Szerintem a bűgófesz. a kimeneti kondenzátoron a feszültség hullámossága.)



Folytonos áramvezetés esetén az áram középértéke nagyobb, mint az áramhullámosság fele, így az áram minden időpillanatban nagyobb, mint nulla.

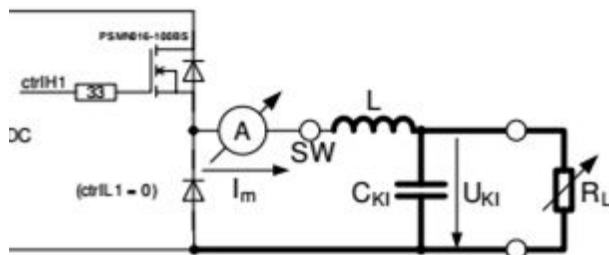
Szaggatott áramvezetés esetén az idő egy részében az áram nullára csökken.

5.) PI szabályozók esetében mit jelent a fázistartalék?



Egységnyi erősítésű ω_c körfrekvencián a fázis távolsága $-\pi$ -től.

2.) Rajzolja fel az egytranzistoros BUCK konverter főáramköri kapcsolási rajzát! Jelölje be a kapcsolt pontot!



A kapcsolt pont a dióda felett.

3.) Rajzolja fel a szinkron BUCK konverter főáramköri kapcsolási rajzát! Jelölje be a kapcsolt pontot!

Mint az előző csak a dióda helyén FET.

4.) Az AMER hídág kártyáján nincs főáramköri dióda, csak két MOSFET. Hogyan alakulhat ki mégis egytranzistoros BUCK üzem, ha az alsó FET-et kikapcsolt állapotban tartjuk?

A MOSFET body diódáján keresztül.

5.) Ismertesse a deszaturációs védelem működési elvét!

AZ IGBT-k telítéssel üzemben működnek bekapcsolt állapotban. Ha kikerül ebből az állapotból (deszaturáció), akkor az U_{CE} feszültség növekszik, ami hőfejlődéssel jár, rontja a vezetési tulajdonságokat. Ez ellen védekezni kell. HA egy adott küszöbértéket elér az U_{CE} , akkor a vezérlést kikapcsoljuk.

6.) Mit nevezünk vezérlési holtidőnek? Milyen teljesítményelektronikai kapcsolások esetén van rá szükség? (legalább 2 példát írjon).

A szabályozástechnikai értelemben vett holtidő a beavatkozó jel kiadása és annak érvényre jutása között eltelt idő.

Hídágak esetén összehajtás ellen iktatunk be holtidőt.

pl. Szinkron Buck, 3 fázisú inverter

7.) Mi az induktivitás definíciója?

Az induktivitás definíciója:

$$u_i = -N \cdot d\Phi/dt = -N \cdot d\Phi/di \cdot di/dt = -L \cdot di/dt$$

Ha tekercsre egy feszültségforrást kapcsolunk, a rajta átfolyó áram nem ugrásszerűen jön létre, hanem folyamatosan növekszik. A áram növekedésének korlátozódása a tekercs induktivitása. Azaz:

$$I = U/L \cdot t$$

8.) Légréses vasmagos tekercsek esetében milyen képlettel számolható az induktivitás?

$$L = \frac{N \cdot B \cdot A}{\frac{B}{N \cdot \mu_0} \cdot \left[\frac{l_{vas}}{\mu_r} + \delta \right]} = \frac{\mu_0 \cdot N^2 \cdot A}{\frac{l_{vas}}{\mu_r} + \delta}$$

9.) Egy vasmagos tekercs induktivitása hogyan függ a menetszámtól?

Négyzetesen-

10.) Egy vasmagos tekercs induktivitása hogyan függ a vaskeresztmetszettől?

Lineárisan

11.) Egy kis légrésű vasmagos tekercs induktivitása hogyan függ a légréstől?

Fordítottan

12.) Mi a permeabilitás?

A különböző ferromágneses anyagok esetében a vasmagban létrejövő indukció (B) a térerősségnek (H) nemlineáris, hiszterézises függvénye. A kettő hányadosa a permeabilitás (μ).

13.) A B-H görbe ismeretében hogyan határozható meg a permeabilitás?

A B-H görbe meredeksége adja meg a permeabilitást. A térerősséget (vagyis az áramot) növelve a B-H görbe meredekségének csökkenésével a relatív permeabilitás is csökken, ami a fent levezettet indukció képleteknek megfelelően az L induktivitás csökkenését vonja maga után.

$$\mu_{\Delta} = \frac{\Delta B}{\Delta H}$$

inkrementális permeabilitás

14.) Mi a különbség a lágy és a kemény mágneses anyagok között?

Mágnesezési görbe alakja, B-H.

Lágy --> keskeny

Kemény-->széles

15.) Buck konverterben lágy vagy kemény mágneses anyagokból készült fojtótekerceket érdemes használni?

lágy (pormag)

16.) Körülbelül mekkora egy MnZn ferrit telítési indukciója?

0,3T

17.) Mik a porvas anyagok előnyei és hátrányai a ferritekkel szemben?

+Magasabb telítődési indukció előny

+Mivel a ferromágneses szemcséket szigetelő kötőanyag veszi körül, az örvényáram veszteség a porvasmágban kicsik.

-Elosztott légréses kivitel->nem jó trafónak hátrány (Q: trafónál miért nem lehet elosztott légrés?)

18.) Porvas magra tekercselt fojtótekercsbe miért nem kell légrést tenni?

Azért mert van benne sok kicsi apró légrés ez sokkal ideálisabb mint egy nagy.

19.) Sorolja fel, milyen veszteségei lehetnek egy fojtótekercsnek! (legalább 3)

Hiszterézises

Örvényáramú

Rézveszteség

20.) Egy energiamentes $L=1\text{mH}$ induktivitású fojtótekercsre 1ms ideig 1V feszültséget kapcsolunk. Mekkora lesz az áram?

$$u_L = L \cdot \frac{dI}{dt}$$

->1A

21.) Mi az összefüggés egy tekercs L inductivitása, a rákapcsolt U feszültség, és a rajta folyó I áram között?

$$u_L = L \cdot \frac{dI}{dt}$$

22.) Mi az összefüggés egy kondenzátor C kapacitása, a rajta átfolyó I áram, és a kapcsai közötti U feszültség között?

$$\frac{du}{dt} = \frac{I}{C}$$

23.) Hogyan számítható ki az áramhullámosság egy BUCK konverter fojtótekercsén?

$$\Delta I_{L,PP} = \frac{U_{DC} - U_{ki}}{L} \cdot t_{H1} = \frac{U_{ki}}{L} \cdot (T - t_{H1})$$

24.) Buck konverter kimeneti kondenzátorán hogyan határozható meg a bűgőfeszültség?

$$\Delta u_{Cki,pp} = \frac{\Delta I_L \cdot T}{8C}$$

25.) Szinkron BUCK konverter kimenő feszültsége hogyan határozható meg a DC feszültség és a kitöltési tényező ismeretében?

$$U_{kiAV} = U_{DC} \frac{t_{H1}}{T}$$

26.) DC/DC konverterek esetében mit nevezünk szaggatott vezetésnek? Milyen üzemiállapotban fordulhat elő?

Amennyiben a kimenő áram az áramhullámosság felénél kisebb, szaggatott áramvezetésről beszélünk.

Parasztosan: Amikor a fojtótekercs árama 0 lesz. Ha csak egy pillanatig akkor vagyunk a folyamatos és szaggatott vezetés határán.

(Q: Milyen üzemiállapotban fordulhat elő?)

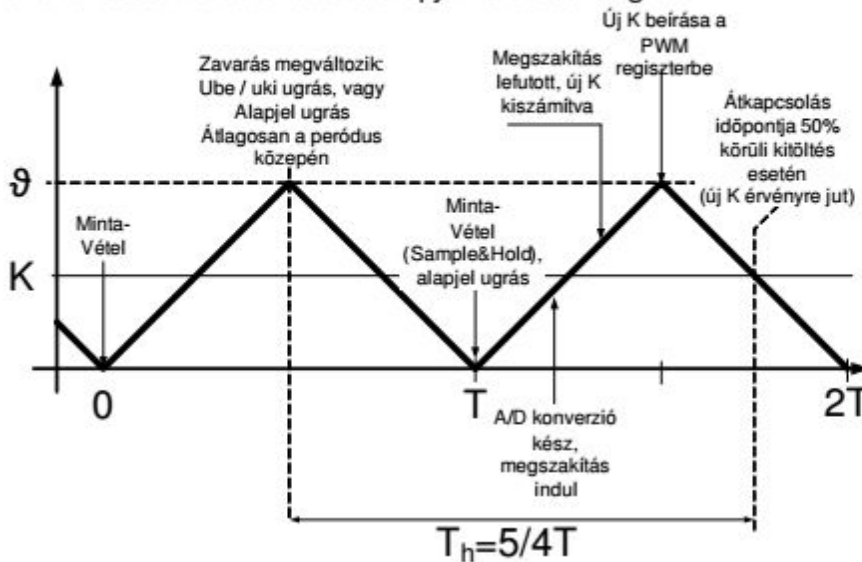
A: Amennyiben a kimenő áram az áramhullámosság felénél kisebb. :D

27.) Vezérelt üzemiállamban terhelés nélkül járó BUCK konverter kimenő feszültsége mennyi?

+/- U_{be} között változik

28.) Ismertesse a PWM modulátor működési elvét!

A DSP diszkrét digitális PWM modulátorában a vivő az alábbi ábrán látható módon 0 és ϑ értékek között egyesével lépked. A PWM jel kitöltési tényezőjét a K komparálási értékkel lehet beállítani, úgy hogy $D=K/\vartheta$. A szoftver és a perifériák időbeli szervezése a következő ábra alapján érthető meg:



29.) Mi a szinkron buck kapcsolás előnye az egytranszistoros BUCK kapcsolással szemben? Milyen esetekben érdemes használni?

A feszültségcsökkentő (buck) konvertereknél a D diódán eső nyitóirányú feszültség veszteséget, ezáltal hatásfokcsökkenést okoz. Ennek csökkentésére fejlesztették ki az ún. szinkron konvertereket. Ezek lényege, hogy a D dióda helyett egy nagyon kis csatorna-ellenállású (mΩ nagyságrendű) MOSFET tervezérlésű tranzisztort alkalmazunk. Ezzel a veszteségek csökkenthetők, azon az áron, hogy a dióda helyett beépített tranzisztort vezérelni kell. Amikor fontos a nagy hatásfok akkor használjuk. Terhelés nélkül is lineáris a kitöltési tényező - kimeneti feszültség karakterisztika.

30.) Mi az oszcilláció feltétele egy visszacsatolt kör esetében?

Oscilláció akkor alakul ki, ha a körben az összes fázistolás eléri a 360 fokot

31.) Mennyi egy integrátor fázistolása?

90 fok

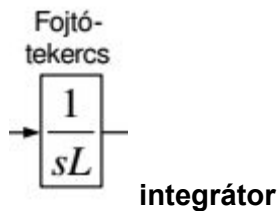
32.) Szabályozástechnikai hatásvázlaton milyen taggal helyettesíthető a PWM modulátor?

PWM modulátor

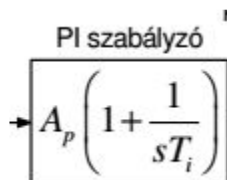
$$\frac{u_{beM}}{v} \cdot e^{-sT_h}$$

hoidő tag

33.) Szabályozástechnikai hatásvázlaton milyen taggal helyettesíthető a folyótékerecs?



34.) Mi a PI szabályzó átviteli függvénye?

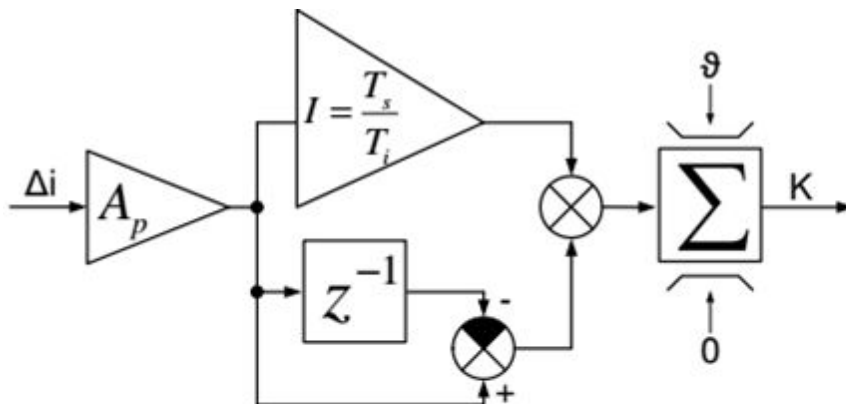


35.) Mi a vágási körfrekvencia definíciója?

Definíció szerint a vágási körfrekvencián a felnyitott kör átvitele 1

36.) PI szabályzók esetében mit jelent a fázisstartalék?

37.) Diszkrét idejű integrátort hogyan programozunk le C nyelven?



Itt integrátor helyett diszkrét időben összeadót alkalmazunk, ami T_s időközönként fut. A z^{-1} doboz gyakorlatilag egy tároló, ami $A_p \cdot \Delta i$ előző értékét tárolja, és szintén T_s időközönként frissül. Így az utána következő különbségképzővel együtt egy diszkrét idejű differenciáló tagot alkot. Így $A_p \cdot \Delta i$ érték a differenciáló és az integráló tagon is átmegy, vagyis lényegében ez lesz a PI szabályzó arányos tagja. A deriváló tagot megkerülő $I \cdot A_p \cdot \Delta i$ érték csak az összeadón (integrátor) halad át, ez lesz a PI szabályzó integráló tagja.

38.) Korlátozott kimenetű PI szabályzók esetén mit jelent az elintegrálódás?

Az irányító jelben túlvézelés jelentkezik, túlhalad a telítődés határán.

39.) Kondenzátoroknál mit jelent az ESR?
egyenértékű soros ellenállás

40.) Kondenzátoroknál mit jelent a disszipációs tényező?

$$DF = \tan \delta = \frac{R}{X} \approx R_{ESR} \cdot \omega C$$

nagyfrekvencián keletkező hőveszteség

Esetleg ha volt más kérdés is, utólag írjátok ide pls!

6. Egyfázisú és háromfázisú inverterek irányítása

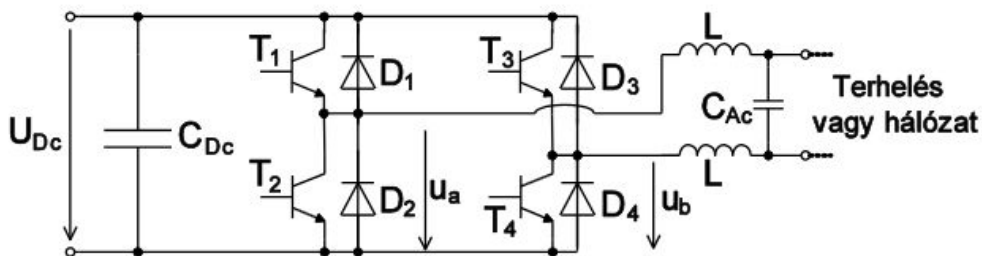
Ellenőrző kérdések (hú pasztmek)

Az alábbi kérdésekből 6-ot választ ki a mérésvezető. A mérés megkezdésének a feltétele legalább 3 kérdés hibátlan megválaszolása. Az ellenőrző kérdésekre kapott osztályzat 5 mínusz a rontott válaszok száma. Ez az osztályzat 1/3 arányban számít be a mérésre kapott osztályzatba.

1. Hány IGBT-re és diódára van szükség egy egyfázisú hídkapcsolású kétszintű feszültséginverterben?

4 IGBT és 4 dióda

2. Rajzolja fel az egyfázisú hídkapcsolású kétszintű feszültséginvertert!

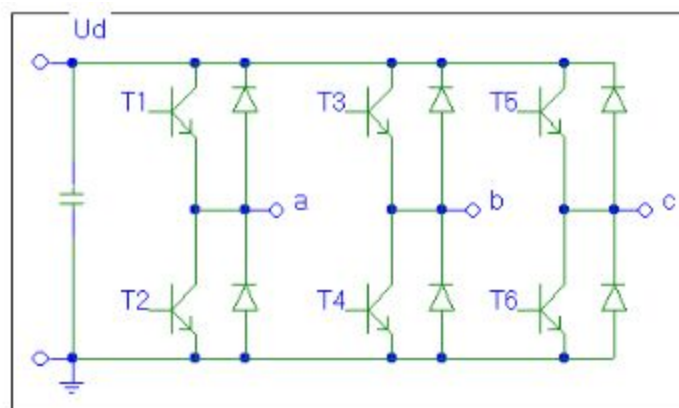


1. ábra: Hídkapcsolású egyfázisú inverter

3. Hány IGBT-re és diódára van szükség egy 3 fázisú kétszintű feszültséginverterben?

6 igbt és 6 dióda

4. Rajzolja fel a háromfázisú hídkapcsolású kétszintű feszültséginvertert!



3 ábra: Háromfázisú inverter kapcsolás

5. Sorolja fel egy inverter hídág lehetséges állapotait (kimeneti feszültség a negatív DC sínhez képest, ill. a kialakuló jelenség) a vezérlés 4 lehetséges állapotára, ha T1 a felső IGBT és a bemeneti feszültség 400V.

T1 OFF T2 OFF -> kikapcsolt (feszültség az áram irányától függ)

T1 ON T2 OFF -> 400V

T1 OFF T2 ON -> 0V

T1 ON T2 ON -> BNZ

6. Sorolja fel a H4 kapcsolással kiadható feszültségeket, ha a bemeneti DC feszültség 380V és a félvezetőkön a bekapcsolt állapotban eső feszültség elhanyagolható.

-380V, 0V, +380V

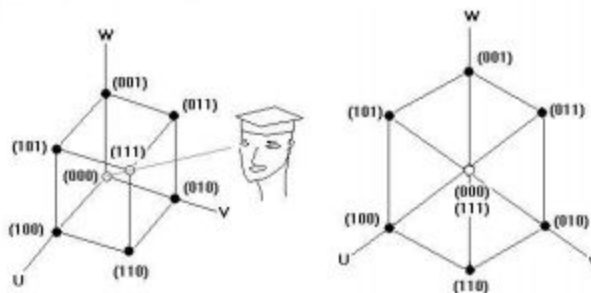
7. H4 kapcsolás bemeneti DC feszültsége 380V. Az inuktívan szűrt kimeneti áramot közel szinuszosra szabályozzuk. Mekkora lehet az inuktívitás utáni kimeneti feszültség alapharmonikusának effektív értéke, ha ellenütemű vezérlést alkalmazunk és a szűrő inuktívításra jutó alapharmonikus feszültségesés elhanyagolható?

-380V és +380V közötti szinusz, effektív értéke $380/\sqrt{2}$

8. H4 kapcsolás bemeneti DC feszültsége 380V. Az inuktívan szűrt kimeneti áramot közel szinuszosra szabályozzuk. Mekkora lehet az inuktívitás utáni kimeneti feszültség alapharmonikusának effektív értéke, ha eltolásos vezérlést alkalmazunk és a szűrő inuktívításra jutó alapharmonikus feszültségesés elhanyagolható?

Ugyanaz, mint az előző?

9. Sorolja fel a 3 fázisú kétszintű feszültséginverterrel kiadható feszültségvektorokat, ha a bemeneti DC feszültség 600V és a félvezetőkön a bekapcsolt állapotban eső feszültség elhanyagolható. Mit jelent a kiadódó szabályos hatszögbe beírható kör sugara?



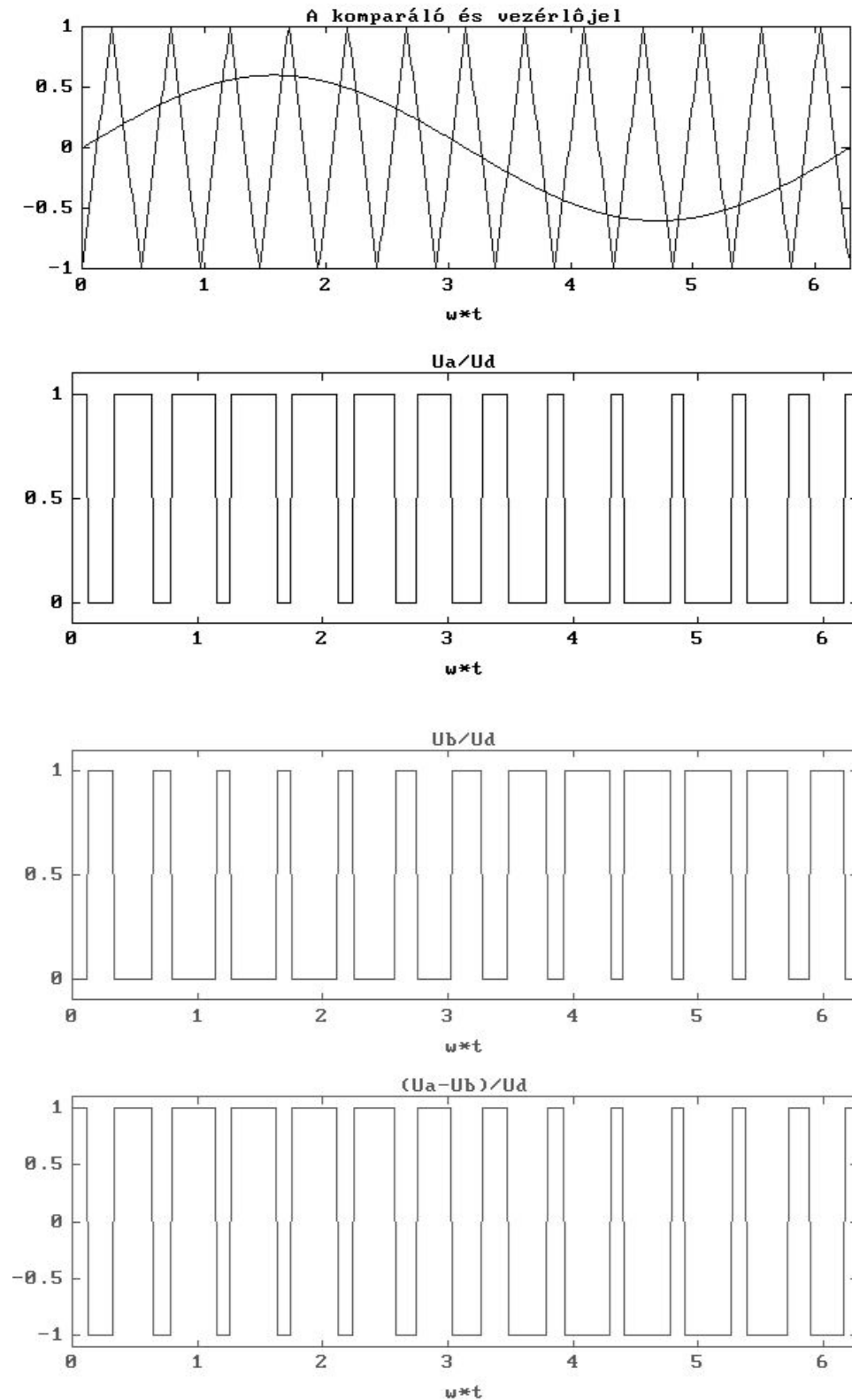
4.33. ábra. A vezérlési hexagon

$$U_f = U_{dc} / \sqrt{3}$$

$$U_v = U_{dc}$$

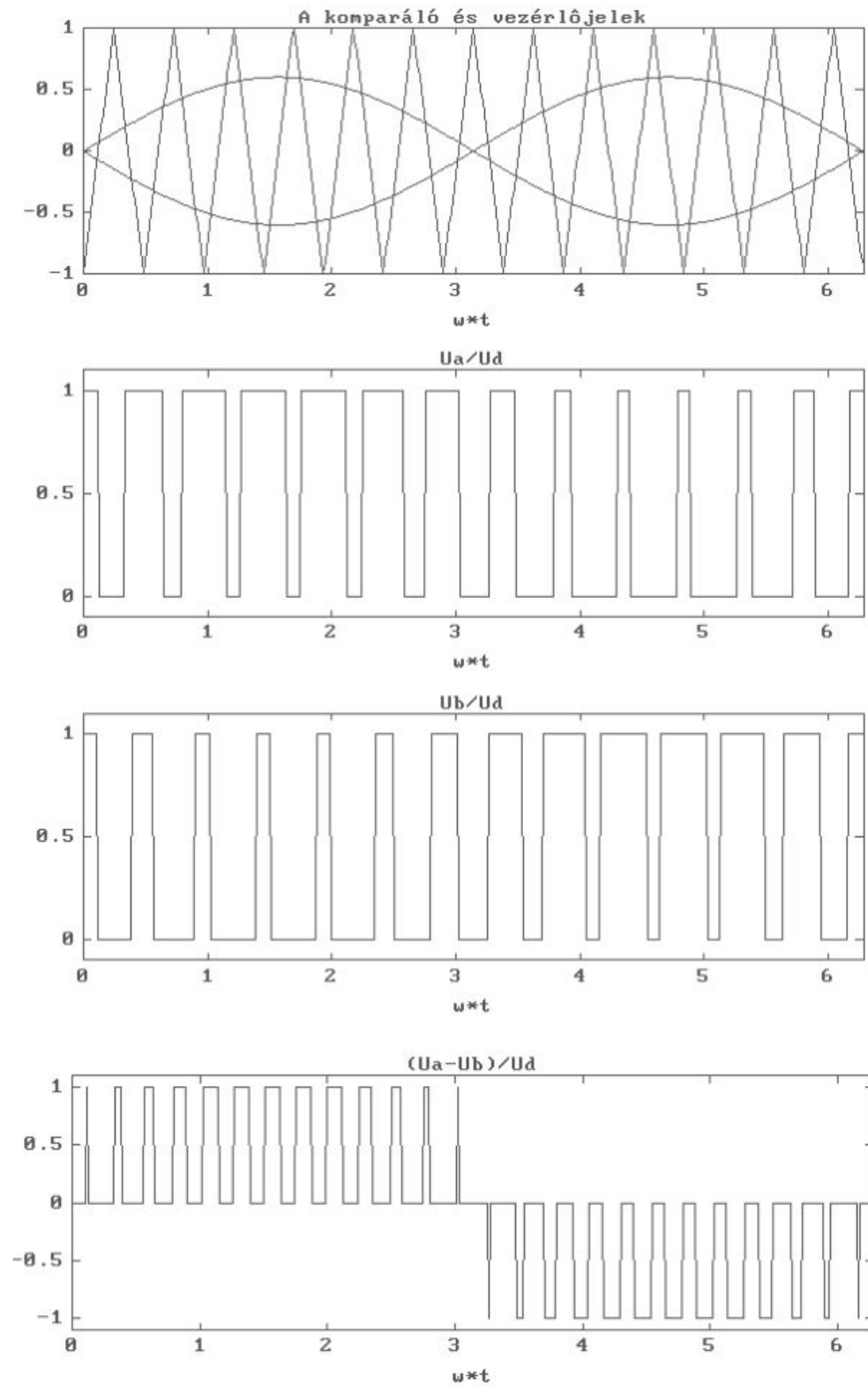
Igazán rakhattál volna linket, hogy honnan van a kép, ha már magyarázatot nem írtál.

10. Rajzolja fel az egyfázisú inverter kimeneti feszültségének időfüggvényét számszerűen is helyesen, ha a kapcsolási frekvencia 10kHz, a bemeneti feszültség 100V, a kimeneti feszültség középértéke 50V és ellenütemű vezérlést alkalmazunk!



Esetünkben a vezérlőjel felfele van tolvá az ábrához képest, 0 és 1 között, így lesz 50V a középérték. A kimeneti feszültség -100V és 100V közötti PWM jel. U_a és U_b egymás negáltjai.

11. Rajzolja fel az egyfázisú inverter kimeneti feszültségének időfüggvényét számszerűen is helyesen, ha a kapcsolási frekvencia 10kHz, a bemeneti feszültség 100V, a kimeneti feszültség középértéke 50V és eltolásos vezérlést alkalmazunk!



Itt a 4. ábrán jobban látszik, hogy ha átküldöd egy aluláteresztőn, szinuszt kapsz. Ebben az esetben a két ág vezérlőjelei egymás inverzei, az előző feladathoz hasonlóan felfelé tolva, hogy 50V középértéket kapjunk.

12. Változatlan vezérlés mellett mekkorát változik az egyfázisú inverter kimeneti feszültsége az áramirány megváltozásakor, ha az IGBT-k kapcsolási késleltetése egységesen $t_{don}=0,5\mu s$, $t_{doff}=2\mu s$, a vezérlési holtidő $3\mu s$, a kapcsolási frekvencia $f_{sw}=10kHz$, a bemeneti feszültség $800V$? A félvezetők vezető állapotú feszültségesése elhanyagolható.

$T=100\mu s$

$$\Delta U_f = \frac{2U_{DC}}{T} * (t_n - t_{off} + t_{ond}) \rightarrow 24V$$

13. A kiadandó feszültség vektor U_x és U_y komponensei, valamint az U_{dc} bemeneti feszültség ismeretében határozza meg a kiadandó d_1 , d_2 és d_3 kitöltési tényezőket szimmetrikus modulációt feltételezve!

úgy választjuk meg U_{cp} -t, hogy a maximális kimeneti feszültség ugyanolyan távol legyen U_{dc} -től, mint a minimális a 0-tól

$$1 - \max(d_1, d_2, d_3) = \min(d_1, d_2, d_3) - 0$$

$$\max(d_1, d_2, d_3) = \max(d_1', d_2', d_3') + d_\phi$$

$$\min(d_1, d_2, d_3) = \min(d_1', d_2', d_3') + d_\phi$$

$$1 - \max(d_1', d_2', d_3') - d_\phi = \min(d_1', d_2', d_3') + d_\phi$$

$$d_\phi = \frac{1 - \max(d_1', d_2', d_3') - \min(d_1', d_2', d_3')}{2}$$

14. A kiadandó feszültség vektor U_x és U_y komponensei, valamint az U_{dc} bemeneti feszültség ismeretében határozza meg a kiadandó d_1 , d_2 és d_3 kitöltési tényezőket flat-top modulációt feltételezve!

15. A kiadandó feszültség vektor U_x és U_y komponensei, valamint az U_{dc} bemeneti feszültség ismeretében határozza meg a kiadandó d_1 , d_2 és d_3 kitöltési tényezőket fázisonkénti szinuszos modulációt feltételezve!

16. A kiadandó UA feszültség alapharmonikus, fA alapharmonikus frekvencia, valamint az Udc bemeneti feszültség ismeretében határozza meg a kiadandó d1, d2 és d3 kitöltési tényező időfüggvényét harmadik harmonikussal injektált modulációt feltételezve!

$$d_1 = A * \left(\sin(\omega t) + b * \sin(3\omega t) \right) + \frac{1}{2}$$

$$d_2 = A * \left(\sin\left(\omega t - \frac{2\pi}{3}\right) + b * \sin(3\omega t) \right) + \frac{1}{2}$$

$$d_3 = A * \left(\sin\left(\omega t - \frac{4\pi}{3}\right) + b * \sin(3\omega t) \right) + \frac{1}{2}$$

persze d3 és +2*pi/3

17. Háromfázisú inverter szimmetrikus terhelést táplál. A bemeneti feszültség 50V. Mekkora lehet a kimeneti fázisfeszültség alapharmonikusának effektív értéke, ha közel szinuszos kimeneti áramot szeretnénk előállítani és harmadik harmonikussal injektált modulációt alkalmazunk? A vezérlési holtidő, a félvezetők kapcsolási késleltetése és vezető állapotú feszültségesése elhanyagolható.

$$50 * (0.5 + 1/\sqrt{3}) = 58.86 \text{ ?}$$

18. Háromfázisú inverter szimmetrikus terhelést táplál. A bemeneti feszültség 50V. Mekkora lehet a kimeneti fázisfeszültség alapharmonikusának effektív értéke, ha közel szinuszos kimeneti áramot szeretnénk előállítani és szimmetrikus modulációt alkalmazunk? A vezérlési holtidő, a félvezetők kapcsolási késleltetése és vezető állapotú feszültségesése elhanyagolható.

$$50 / (2 * \sqrt{2}) \text{ ?}$$

19. Háromfázisú inverter szimmetrikus terhelést táplál. A bemeneti feszültség 50V. Mekkora lehet a kimeneti fázisfeszültség alapharmonikusának effektív értéke, ha közel szinuszos kimeneti áramot szeretnénk előállítani és flat-top modulációt alkalmazunk? A vezérlési holtidő, a félvezetők kapcsolási késleltetése és vezető állapotú feszültségesése elhanyagolható.

$$50 / (2 * \sqrt{2}) \text{ ??}$$

20. Háromfázisú inverter szimmetrikus terhelést táplál. A bemeneti feszültség 50V. Szimmetrikus modulációt alkalmazunk, a kiadott vonali feszültség alapharmonikusának csúcserőértéke 30V, frekvenciája 40Hz, a félvezetők vezető állapotú feszültségesése elhanyagolható. Mi okozhatja a kimeneti áram 200Hz-es 200mA-es összetevőjét?

5. harmonikus, holtidő és késleltetés miatt

21. Háromfázisú inverter szimmetrikus terhelést táplál. A bemeneti feszültség 50V. Szimmetrikus modulációt alkalmazunk, a kiadott vonali feszültség alapharmonikusának csúcserőértéke 30V, frekvenciája 40Hz, a félvezetők vezető állapotú feszültségesése elhanyagolható. Várhatóan hogyan alakul a kimeneti áram 200Hz-es 200mA-es összetevőjét, ha a kapcsolási frekvenciát 10kHz-ről 5kHz-re csökkentjük?

$$\Delta U_f = \frac{2U_{DC}}{T} * (t_h - t_{off} + t_{ond})$$

csökkeni fog

22. Háromfázisú inverter szimmetrikus terhelést táplál. A bemeneti feszültség 50V. Mekkora lehet a kimeneti fázisfeszültség alapharmonikusának effektív értéke, ha közel szinuszos kimeneti áramot szeretnénk előállítani és fázisonkénti szinuszos modulációt alkalmazunk? A vezérlési holtidő, a félvezetők kapcsolási késleltetése és vezető állapotú feszültségesése elhanyagolható.

50V

2. Háromfázisú inverterek irányítása

Moduláció	Vonali csúcshesz	Holtidő hatása	Kapcsolási veszteség
Fázisonkénti szinuszos	$\frac{\sqrt{3}}{2} U_{DC}$	$U_1 = U_{1,ideális} - \frac{4}{\pi} \cdot \Delta U_{holtidő}$	$P_{sw,AV} = \frac{1}{\pi} \cdot \widehat{P}_{sw}$
3. harmonikust tartalmazó	U_{DC}	$U_1 = U_{1,ideális} - \frac{4}{\pi} \cdot \Delta U_{holtidő}$	$P_{sw,AV} = \frac{1}{\pi} \cdot \widehat{P}_{sw}$
Szimmetrikus (SV)	U_{DC}	$U_1 = U_{1,ideális} - \frac{4}{\pi} \cdot \Delta U_{holtidő}$	$P_{sw,AV} = \frac{1}{\pi} \cdot \widehat{P}_{sw}$
Flat-top	U_{DC}	$U_1 = U_{1,ideális} - \frac{2}{\pi} \cdot \Delta U_{holtidő}$	$P_{sw,AV} = \frac{1}{2\pi} \cdot \widehat{P}_{sw} \quad (\cos \varphi = 1)$ $P_{sw,AV} = \frac{\sqrt{3}}{2\pi} \cdot \widehat{P}_{sw} \quad (\cos \varphi = 0)$

23. Szimmetrikus moduláció mellett egy adott terhelésnél a félvezetők együttes vezetési állapotú vesztesége 50W, kapcsolási vesztesége 100W. Mekkora lesz a veszteség flat-top moduláció alkalmazásával, ha a terhelés árama közel szinuszos és 90 fokot késik a feszültséghez képest?

kapcsolási veszteség gyök(3)/2-re változik 50+100*gyök(3)/2

24. Harmadik harmonikussal injektált moduláció mellett egy adott terhelésnél a félvezetők együttes vezetési állapotú vesztesége 50W, kapcsolási vesztesége 100W. Mekkora lesz a veszteség flat-top moduláció alkalmazásával, ha a terhelés árama közel szinuszos és azonos fázishelyzetű a feszültséggel?

kapcsolási veszteség feleződik, szóval 50+50=100W

25. Szimmetrikus moduláció mellett egy adott terhelésnél a félvezetők együttes vezetési állapotú vesztesége 50W, kapcsolási vesztesége 100W. Mekkora lesz a veszteség, ha a kapcsolási frekvenciát 10kHz-ről 5kHz-re csökkentjük?

felére csökken a kapcs veszteség

26. Szimmetrikus moduláció mellett egy adott terhelésnél a félvezetők együttes vezetési állapotú vesztesége 50W, kapcsolási vesztesége 100W. Mekkora lesz a veszteség harmadik harmonikussal injektált moduláció alkalmazásával, ha a terhelés árama közel szinuszos és azonos fázishelyzetű a feszültséggel?

150W

27. Flat-top moduláció mellett egy adott, közel egységnyi teljesítménytényezőjű terhelésnél a félvezetők együttes vezetési állapotú vesztesége 50W, kapcsolási vesztesége 40W, a közel szinuszos áramhoz tartozó kiadható vonali feszültség alapharmonikus effektív értéke 30V. Mekkora lesz a veszteség fázisonkénti szinuszos moduláció alkalmazásával, ha a kiadható feszültség alapharmonikus érdekében a tápláló feszültséget a szükséges mértékben megemeljük és a kapcsolt feszültség és a kapcsolási veszteség közötti kapcsolatot arányosnak tételezzük fel?

fázisonkénti szinuszmód miatt 80W kapcs veszteség lenne. De mivel megemeljük 15%-al a bemeneti fesz, az még hozzáadódik 92W+50W=142W

28. Flat-top moduláció mellett egy adott, közel egységnyi teljesítménytényezőjű terhelésnél a félvezetők együttes vezetési állapotú vesztesége 50W, kapcsolási vesztesége 40W, a közel szinuszos áramhoz tartozó kiadható vonali feszültség alapharmonikus effektív értéke 30V. Mekkora lesz a veszteség szimmetrikus moduláció alkalmazásával, ha a kiadható feszültség alapharmonikus érdekében a tápláló feszültséget a szükséges mértékben megváltoztatjuk, valamint a kapcsolt feszültség és a kapcsolási veszteség közötti kapcsolatot arányosnak tételezzük fel?

kétszeres az áram, de hogy mennyivel növeljük meg a fesz az áramot?

29. Egy PI szabályozó arányos erősítése $A_p=50$, integrálási ideje $T_i=1\text{ms}$. Mekkora lesz a szabályozó átviteli tényezőjének abszolút értéke 0Hz-en?

Végtelen

30. Egy PI szabályozó arányos erősítése $A_p=50$, integrálási ideje $T_i=1\text{ms}$. Mekkora lesz a szabályozó átviteli tényezőjének abszolút értéke 50Hz-en?

$$A_p \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot T_i}\right)^2}$$

167

31. Egy PI szabályozó arányos erősítése $A_p=50$, integrálási ideje $T_i=1\text{ms}$. Határozza meg a függelékben megadott PI algoritmus PIS.I és PIS.P paramétereit! Az algoritmust 10kHz-es ütemben futtatjuk.

$$\text{PIS.P} = A_p = 50$$

$$\text{PIS.I} = A_p \cdot T_{\text{sample}} / T_i = 5$$

32. Egy egyfázisú hálózatra kapcsolt inverter rezonáns PI áramszabályozójának arányos erősítése $A_p=50$, integrálási ideje $T_i=1\text{ms}$. Mekkora lesz a szabályozó átviteli tényezőjének abszolút értéke 50Hz-en?

Végtelen

33. A rendelkezésre bocsátott szinuszel-identifikátor algoritmusban mit szabályozunk I, és mit PI szabályozóval?

Amplitúdóra I szabályozóval, fázisra PI-vel szabályozunk.

34. A rendelkezésre bocsátott szinuszel-identifikátor algoritmusban hogyan állítjuk elő a fázis, ill. az amplitúdó hibajelet?

```
switch (PLL_state)
{
case PLL_STATE_CLOSED:
    CosTheta = cos(Theta);
    SinTheta = sin(Theta);
    uIdent = uGridAmp * CosTheta ;
    uDev = uGrid - uIdent ; // a mért érték eltérése a becsülttől
    // Amplitúdó identifikáció egytárolós szűrővel
    uAmpDev = uDev * CosTheta;
    uGridAmp +=uAmpDev * uAmp_filt_fact;
    // Frekvencia identifikáció PI szabályozóval
    PLL_reg.x = (uDev / uGridAmp) * (-SinTheta);
    PI_MACRO(PLL_reg);
    Theta += PLL_reg.y * (1.0/F_SAMP) ;
    if (Theta > M_PI)
    {
        Theta -= (2*M_PI);
    }
    fGrid += (PLL_reg.y * ((1.0/2.0/M_PI))-fGrid) * f_filt_fact ;
    uDevFilt += (fabs(uDev)-uDevFilt) * uDev_filt_fact; // átlagos identifikációs hiba
```

35. Egy 10mH-s fojtón keresztül hálózatra kapcsolt H4 kapcsolású aktív egyenirányító kimeneti feszültsége 400V. A 230V-os effektív értékű hálózati feszültség melyik fázishelyzetében lesz maximális a hálózati áram kapcsolási frekvenciás összetevője eltolásos vezérléssel?

A szűrőkör induktivitása áramának nagyfrekvenciás lüktetése eltolásos vezérlésnél akkor lesz legnagyobb, amikor a szűrőkör kimeneti feszültsége megegyezik a tápláló egyenfeszültség felével.

$\arcsin(200/325)=38$ fok

36. Egy 10mH-s fojtón keresztül hálózatra kapcsolt H4 kapcsolású aktív egyenirányító kimeneti feszültsége 400V. A 230V-os effektív értékű hálózati feszültség melyik fázishelyzetében lesz maximális a hálózati áram kapcsolási frekvenciás összetevője ellenütemű vezérléssel?

A szűrőkör induktivitás áramának nagyfrekvenciás lüktetése akkor lesz legnagyobb, amikor a szűrőkör kimeneti feszültsége éppen nulla.

0°

37. Egy 10mH-s fojtón keresztül 230V-os hálózatra kapcsolt H4 kapcsolású aktív egyenirányító kimeneti feszültsége 400V. Mekkora lesz a hálózati áram kapcsolási frekvenciás összetevőjének maximuma eltolásos vezérléssel?

$$\Delta I = \frac{U_{DC} * T}{8 * L}$$

38. Egy 10mH-s fojtón keresztül 230V-os hálózatra kapcsolt H4 kapcsolású aktív egyenirányító kimeneti feszültsége 400V. Mekkora lesz a hálózati áram kapcsolási frekvenciás összetevőjének maximuma ellenütemű vezérléssel?

$$\Delta I = \frac{U_{DC} * T}{2 * L}$$

39. H4 kapcsolású aktív egyenirányító bemeneti áramát szinuszosra szabályozzuk. Milyen frekvenciás összetevő várható az egyenirányító kimeneti feszültségén?

nagyfrekvenciás :))

40. H4 kapcsolású aktív egyenirányító bemeneti áramát szinuszosra szabályozzuk. A kimeneti feszültséget PI taggal szabályozzuk. Milyen jelleggel függ a kimeneti feszültség hullámossága a bemeneti feszültség amplitúdójától, a terhelő áramtól, a DC köri kondenzátor kapacitásától?

41. H4 kapcsolású aktív egyenirányító bemeneti áramát rezonáns szabályozóval, a kimeneti feszültséget PI taggal szabályozzuk. Mi okozza a bemeneti áram harmadik harmonikusát?

holtidő (vezérlési és kapcsolóelem késleltetés együtt)

42. Milyen védelmek vannak az AMER hídág kártyáján? Soroljon fel legalább négyet!

**összegyűjtás (BNZ)
túláram(+8A)
túlfeszültség(80V)
túlmelegedés (60°C)
külső zárlat (bekapcsolt FET-en eső fesz>5V)**

43. Milyen főáramköri elemeket tartalmaz egy AMER hídág?

két teljesítmény MOSFET és egy elektrolit kondi

44. Hány hídág csatlakoztatható egy AMER központi egységhez? Mi szabja meg?

**4 hídág csatlakoztatható. talán mert 4 pwm kimenete van a procinak.
Nincs több csatlakozó a nyákon. :D**

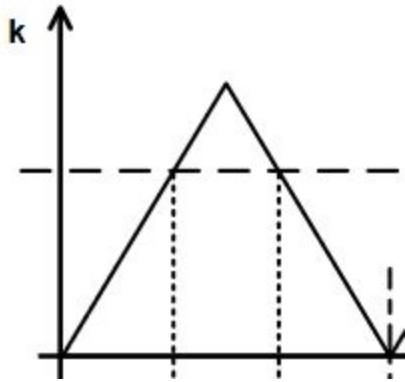
45. Az AMER központi egységén kívül milyen elemek szükségesek egy egyfázisú hálózatról üzemelő aktív egyenirányító létrehozásához?

tápegység, terhelés, szűrőkör

46. Milyen időpontban mintavételezzük az AMER hídágai kimeneti áramát?

a komparáló háromszögjel alsó vagy felső csúcsánál, ekkor folyik az áram középvértéke

47. Mekkora CMPA tartozik az 50%-os kitöltési tényezőhöz 10kHz-es kapcsolási frekvenciát, háromszög komparáló jelet, és 40MHz-es órajelet feltételezve?



Egy periódus alatt 4000-et számol, 2000-et fel és 2000-et le.
50% kitöltési tényező a periódus negyedénél és háromnegyedénél van.
CMPA=1000

48. Milyen analóg kimenetei vannak AMER hídág kártya elektronikájának?

hídág árama, hídág feszültsége, alsó/felső félvezető vezet-e

49. Milyen időbeni felbontás érhető el az AuTerm rekorder funkciójával?

kapcsolási periódus idő, általában ez 100us

50. Milyen változók írhatók/olvashatók az AuTerm segítségével?

bármelyik globális változó

7. Tápegységek hálózati visszahatása

Ellenőrző kérdések - Fogyaszd felelősséggel!

1.) Miért szükséges a hálózatbarát tápegység használata?

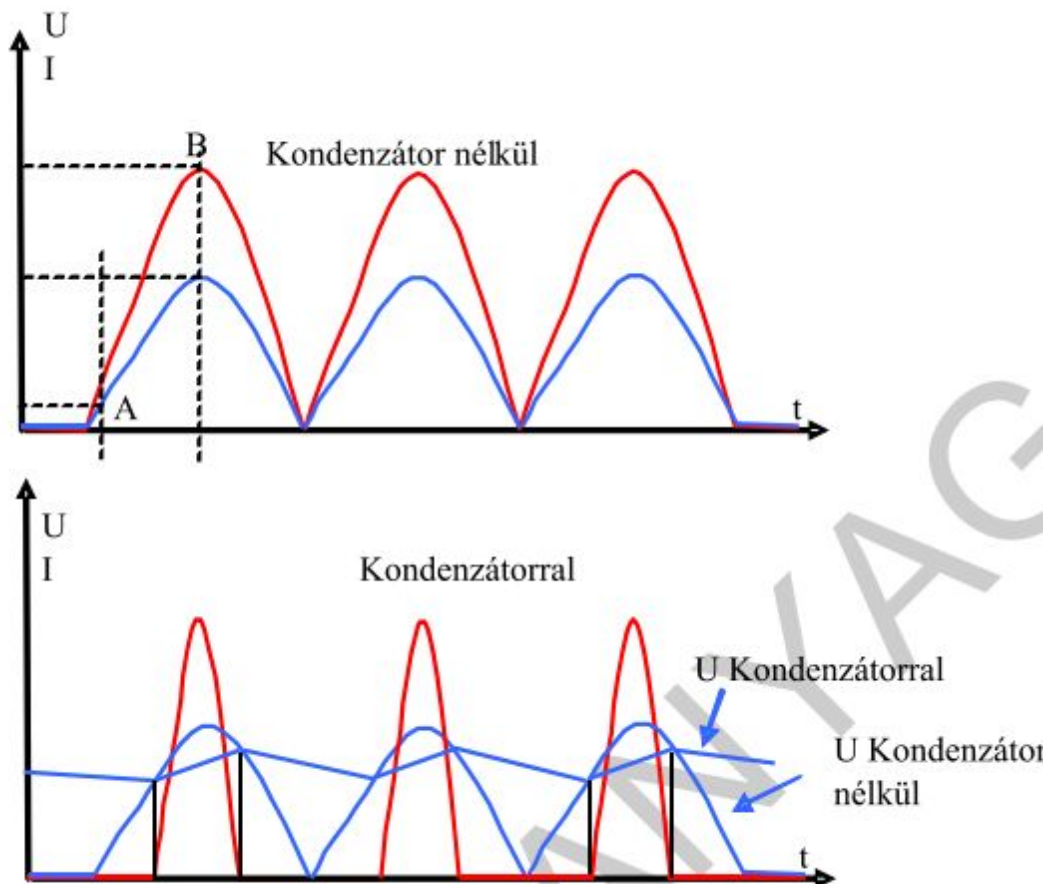
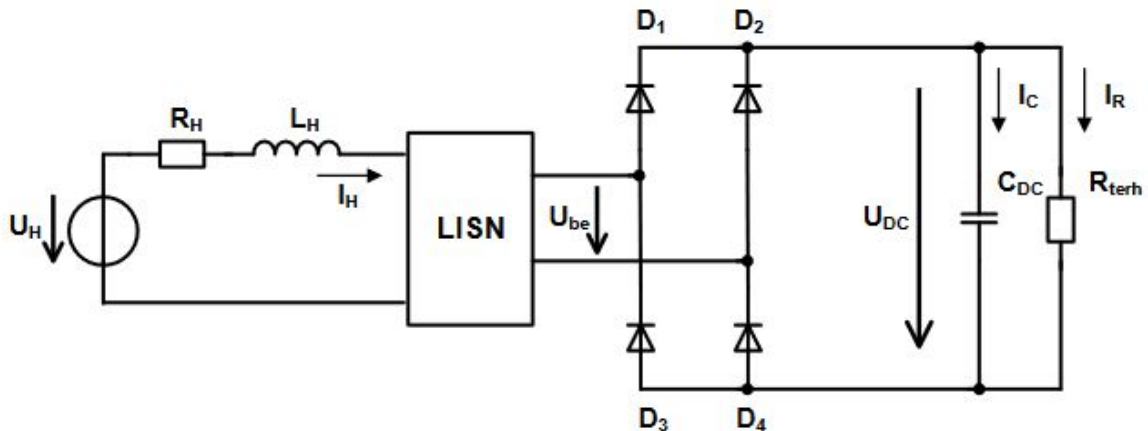
Azért, hogy a felvett áram harmonikus tartalma az IEC61000-3 szabványban előírt értékeken belül maradjon. A hálózatbarát tápegységek közel szinuszos, egységnyi eltolási tényezővel veszik fel az áramot váltakozó áramú hálózatról.

A nem hálózatbarát tápegység hálózati aszimmetriát és többletvesztést okoz.

2.) Milyen rendszámú harmonikusokra tér ki az IEC61000-3 szabvány?

Ez a szabvány a 40. harmonikusig (50Hz-es hálózaton 2kHz-ig) adja meg az egyes harmonikusokra vonatkozó áramkorlátot.

3.) Ismertesse az egyszerű diódás egyenirányító bemenetű, kapacitív szűrésű AC-DC átalakító működését jellemző jelalakjait!



5. ábra Az áram és a feszültség alakulása kétutas egyenirányításkor

Ugyan az eltolási tényező itt közel egységnyi, a felharmonikusok miatt a teljesítménytényező kicsi lesz. Minél kisebb a hálózat impedanciája és minél nagyobb a szűrőkondenzátor kapacitása, a diódák annál rövidebb ideig vezetnek és annál nagyobb hálózati áram felharmonikus tartalom adódik.

4.) Milyen az áram és feszültség fázishelyzete PFC nélküli tápegység esetén?

PFC (Power Factor Corrector) nélkül az áram és a feszültség nincsen fázisban (általában az áram késik a feszültséghez képest az induktív hálózat impedancia miatt)
(szerintem inkább a load impedancia a ludas ebben)

5.) Milyen az áram és feszültség fázishelyzete passzív PFC-s (AC oldali fojtós) tápegység esetén?

Ebben az esetben a feszültség és az áram közel fázisban van, azonban a párhuzamosan kapcsolt kapacitás miatt az áram jelalakja erősen torzul, így továbbra is fennáll lényegesnek mondható meddő teljesítmény komponens.

-> A fojtó a fázison nem nagyon módosít, az marad ugyanolyan szar, a fojtó leginkább a THD-t csökkent (aluláteresztő szűrőként funkcionál). Tehát ettől nem lesznek közel fázisban, csak kevesebb lesz a felharmonikus, ami javítja a True Power Factort. Lásd:

<https://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/power-factor-thd-why-linear-power-supplies-fail-meet-electricity-standards/>

Továbbá: PF definíciója 13. kérdés

6.) Milyen az áram és feszültség fázishelyzete aktív PFC-s (Boost DCDC alapú) tápegység esetén?

Aktív PFC-nél az áram és a feszültség fázisban van, közel egységnyi a teljesítménytényező. (javul a fázis és a THD is → javul a True Power Factor (ld. 13. kérdés))

7.) A PFC nélküli tápegység esetén mekkora lesz a DC feszültség maximális értéke? 230V-os névleges feszültségű hálózatot feltételezve $\sim 325V$. ($\sqrt{2} \cdot 230$)

8.) Tipikusan mekkora a DC feszültség értéke a hálózatkímélő, Boost DCDC alapú tápegység esetén?

230V-os névleges feszültségű hálózatot feltételezve 360V-400V közötti.

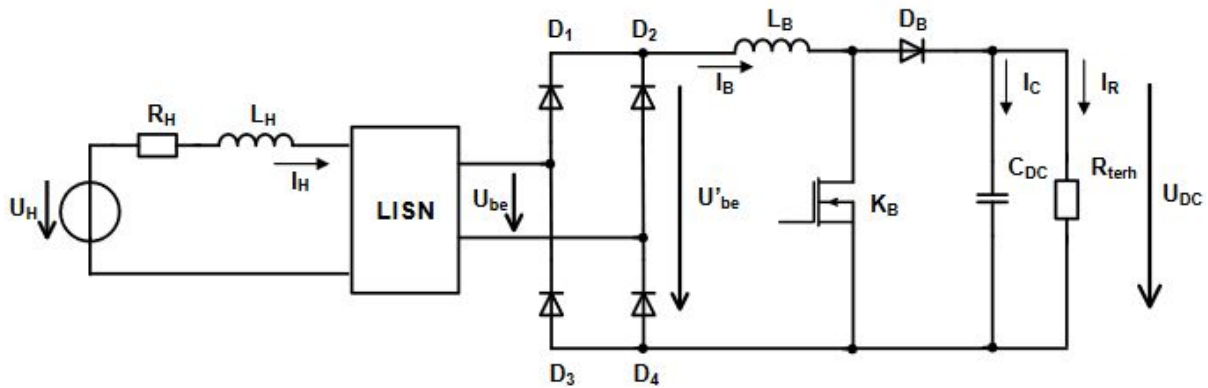
9.) Miben különbözik a hálózatkímélő, AC oldali fojtós tápegység főáramköre az egyszerű diódás egyenirányító bemenetű tápegységétől?

A hálózatkímélő tápegység (gyakran Passive Power Factor Corrector vagy Passive PFC néven említik) az egyszerű diódás egyenirányítós tápegységtől abban különbözik, hogy egy induktivitás beiktatásával (ez történhet a diódás egyenirányító váltakozó áramú vagy egyenáramú oldalán) megnövelik a diódák vezetési idejét.

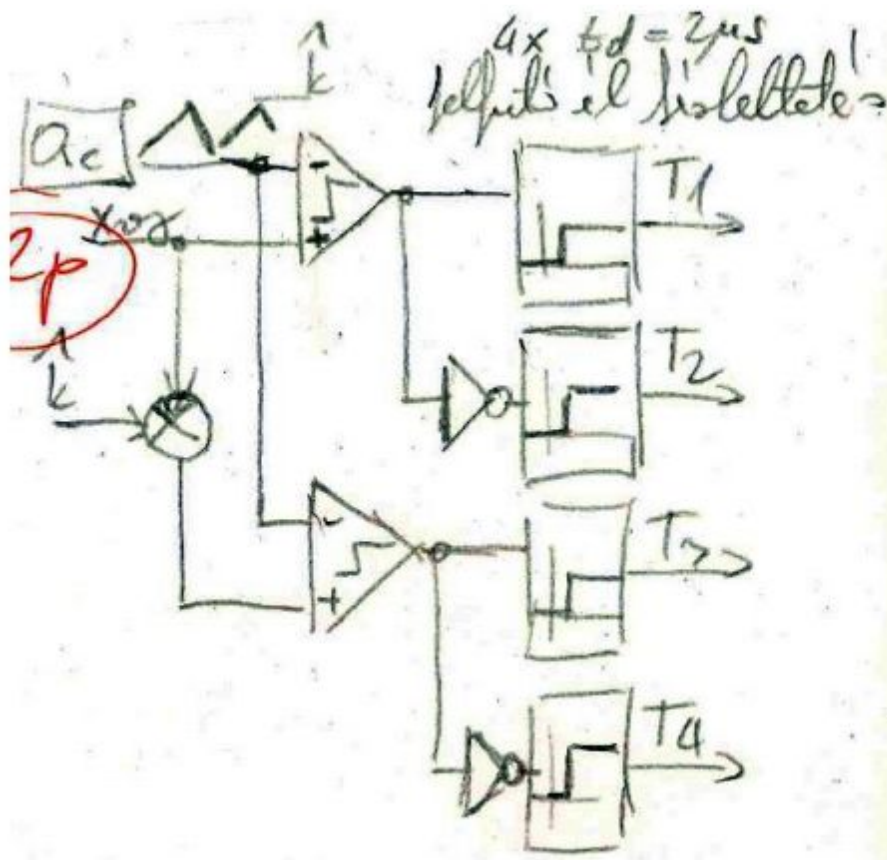
Mivel adott formájú és középértékű áram effektív értéke a vezetési idő négyzetgyökével fordítottan arányos, így pl. négyszeresére növelve a vezetési időt a teljesítménytényező – annak ellenére, hogy az eltolási tényező valamelyest csökken – közel kétszeresére nő.

10.) Miben különbözik a hálózatkímélő, Boost DCDC alapú tápegység főáramköre az egyszerű diódás egyenirányító bemenetű tápegységétől?

A korábban említett beiktatott induktivitás mellett még egy párhuzamos K_B tranzisztort is beiktatunk, illetve egy diódát.



11.) Ismertesse az egyfázisú aktív egyenirányító irányítási struktúráját! Tipikusan mi okozza a felvett áram 3. Harmonikusát?



A tranzisztorok kapcsolási késleltetése miatt jelenik meg.

12.) A hálózatkímélő Boost DC/DC alapú tápegység esetén mik a szabályzandó állapotváltozók?

A KB tranzisztor kitérés tényezője.

A kapcsolás bemenetén igyekszünk közel egységnyi teljesítménytényezőt elérni, úgy érjük el, hogy I_B áramot úgy irányítjuk, hogy a szinusz abszolút érték alakú U'_{be} -vel arányos jelalakot mutasson.

13.) Mit jelent a teljesítménytényező?

A (valódi) teljesítménytényező a hatásos teljesítmény és az alaphfrekvenciás meddőteljesítményt, a harmonikusok teljesítményét valamint a zajok teljesítményét magába foglaló látszólagos teljesítmény hányadosa

https://en.wikipedia.org/wiki/Power_factor

Két definíció él a Power Factorra. Az egyik a "Displacement Power Factor", ami nem más mint a $\cos(\phi)$, míg a másik a "True Power Factor", amelybe már a THD-t is beleszámítják. Az előbbi definíció kizárólag torzítatlan, tisztán szinuszos feszültségű és áramú, lineáris hálózatokra igaz.

Nemlineáris komponensek használata során azonban jelentős torzítás keletkezik a jelekben, ami szintén befolyásolja a power factor értékét. Ilyen esetekben a True Power Factorral kell számolni, amibe a torzítás is bele van kalkulálva:

True PF = (distortion power factor) x (displacement factor) azaz torzítási tényező szorozva eltolási tényezővel.

Egyébként pedig mindkét definíció végső soron a P/S arányt adja meg.

Lásd: <http://www.electrotechnik.net/2010/09/understanding-true-power-factor-and.html>

Distortion power factor [edit]

The *distortion power factor* is the distortion component associated with the harmonic voltages and currents present in the system.

$$\text{distortion power factor} = \frac{1}{\sqrt{1 + \text{THD}_i^2}} = \frac{I_{1, \text{rms}}}{I_{\text{rms}}}$$

THD_i is the total harmonic distortion of the load current. $I_{1, \text{rms}}$ is the fundamental component of the current and I_{rms} is the total current – both are root mean square-values (distortion power factor can also be used to describe individual order harmonics, using the corresponding current in place of total current). This definition with respect to total harmonic distortion assumes that the voltage stays undistorted (sinusoidal, without harmonics). This simplification is often a good approximation for stiff voltage sources (not being affected by changes in load downstream in the distribution network). Total harmonic distortion of typical generators from current distortion in the network is on the order of 1–2%, which can have larger scale implications but can be ignored in common practice.^[10]

The result when multiplied with the displacement power factor (DPF) is the overall, true power factor or just power factor (PF):

$$\text{PF} = \frac{I_{1, \text{rms}}}{I_{\text{rms}}} \cos \varphi$$

Sinusoidal voltage and non-sinusoidal current give a distortion power factor of 0.75 for this computer power supply load.

14.) Mit jelent az eltolási tényező?

displacement tényező (DPF) – csak a feszültség és az alaphfrekvenciás áram közötti fáziseltolásból származó alaphfrekvenciás meddőteljesítményt veszi figyelembe
Konkrétan a $\cos(\phi)$ -ről van szó.

15.) Mit jelent a teljes harmonikus torzítás, azaz a THD?

measurement is most commonly defined as the ratio of the RMS amplitude of a set of higher harmonic frequencies to the RMS amplitude of the first harmonic, or fundamental, frequency

$$\text{THD}_F = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + V_4^2 + \dots}}{V_1}$$

vagy...

$$\text{THD} = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + \dots}}{I_1} = \frac{\text{Harmonikus áram effektív értéke}}{\text{Alapharmonikus áram effektív értéke}}$$

Szabványos, ha THD 30% alatt van.

16.) Milyen frekvenciatartományban vizsgáljuk a tápegységek vezetett zavar feszültségét?

150kHz feletti rádiófrekvenciás tartományban
(0-2kHz közt a harmonikus zavarokat)

17.) Mi az a LISN és miért szükséges?

A Line Impedance Stabilization Network (LISN) egy olyan eszköz, amelyet a hálózati vezetett zajfeszültség méréséhez használunk. Felépítését tekintve egy aluláteresztő szűrő, amelyet a hálózat és a vizsgálandó készülék közé kapcsolunk, egyrészt hogy egy ismert és a mérési tartományban stabil hálózati impedanciát hozzunk létre, másrészt hogy a mérőkészülék számára egy csatlakozási pontot hozzunk létre. A LISN további feladata a mérési szempontból nem használt nagyfrekvenciás tartomány elnyomása, a mérőkészülék (spektrum analízátor vagy EMC teszter) számára az 50 Ohmos csatlakozási impedancia biztosítása és a mérőkészülék érzékeny bemenetének megvédése a tranziens túlfeszültségektől.

18.) Hogyan mérjük a hálózati vezetett zajfeszültséget?

HMS1000 spektrumanalízátor segítségével mérjük a vezetett rádiófrekvenciás zajokat. A HMS1000 analízátorhoz a gyártó rendelkezésre bocsát egy PC-s programot, amelynek segítségével a kívánt frekvenciatartományban az analízátorral mért értékeket ki lehet olvasni és össze lehet vetni a program által ismert szabványban megtalálható határérték görbével.