

Tantárgyi dosszié

Tárgy:	Teljesítményelektronika és szervorendszerek	Tantárgykód:	GEVEE227MN
Tárgyjegyző:	dr. Kovács Ernő egyetemi docens	Félév:	tavaszi
Szak:	Villamosmérnöki MSc szak	ETF:	-
Szakirány:	szabadon választható 2.	Követelmény:	2 2 v/4

A) TEMATIKA

Hét	Előadás+gyakorlat
1.	Teljesítmény félvezetők: dióda, BJT, HVT, JFET, MOSFET, SCR, TRIAC, GTO, IGBT, MCT, SITH
2.	Vezéreltlen természetes kommutációjú 1 és 3F egyenirányítók klf. terheléssel. Vezérelt egyenirányítók.
3.	DC szaggató áramkörök: A,B,C,D,E osztályú szaggatók elve. Pulzus modulációk elve: PWM, PFM, PAM. DC teljesítmény-szabályzási elvek. Uni- és bipoláris átalakítók.
4.	DC-AC átalakítók: teljes és félhidas átalakítók. Egy és háromfázisú SPWM átalakítók elvei.
5.	Tápegységek. Lineáris szabályozású tápegységek. Kapcsolóüzemű szabályozók: buck, boost, buck-boost konverterek.
6.	Kapcsolóüzemű tápegységek: feszültség növelő és feszültségcsökkentő áramkörök. Szünetmentes energiaellátás. AC teljesítményszabályzási elvek. Statikus szabályozók.
7.	Inverterek:feszültség inverterek, áram-inverterek.SPWM. Frekvenciaváltók elve. Hidraulika-pneumatika teljesítményelektronikai áramkörei.
8.	Villamos gépek hajtásának bevezetése. Kommutátoros gépek működése. Egyenáramú szervomotorok (előadó: Dr. Blága Cs.).
9.	Tirisztoros és tranzisztoros meghajtók. Elektronikus kommutációjú egyenáramú motor. (előadó: Dr. Blága Cs.)
10.	Univerzális motorok és vezérlésük. Aszinkron gépek működése, frekvenciaváltós hajtása. (előadó: Dr. Blága Cs.)
11.	Egyfázisú aszinkron motor, hasított pólusú aszinkron motor. Szinkron gépek működése, automatikai szinkrongépek. (előadó: Dr. Blága Cs.)
12.	Léptető motorok jellemzői, felépítése, működési elve. Léptető motor szögelfordulása, jelleggörbéi, vezérlésének tömbvázlata. (előadó: Dr. Blága Cs.)
13.	Laboratóriumi mérések (gyakorlatvezető: Dr. Blága Cs.)
14.	Zh a villamos gépek és hajtások részről, pótlások

Kötelező irodalom:

Dr. Kovács E: Teljesítményelektronika Villamos MSc szakos hallgatóknak, on-line jegyzet 2014.
<http://www.uni-miskolc.hu/~elkke>
 Dr. Blága Cs.: Teljesítményelektronika on-line jegyzet 2009. <http://www.uni-miskolc.hu/~elkblaga>

Ajánlott irodalom:

- Rashid, M., H.: Power Electronics, Prentice Hall, 1993.
Shepherd, Hulley, Liang: Power electronics and motion control, Cambridge Publ. 1995.
Ferenczi Ödön, Teljesítményszabályozó áramkörök, Műszaki Könyvkiadó, Budapest,
Halász S.- Hunyár M.- Schmidt I., Automatizált Villamos Hajtások I, Tankönyvkiadó,
Dr. Rajki Imre, Törpe és automatikai villamos gépek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest,
Dr. Márai Ferenc, Szervomotorok, online oktatási segédlet

b) Előadások anyaga

Az előadások teljes anyagát az internetről letölthető jelszóval védett pdf állományú jegyzet alkotja. A jelszót az első előadáson kapják meg a hallgatók. Az elérési útvonal a kötelező irodalomnál található meg.

Bevezetés	2
1. Teljesítmény-félvezetők	2
1.1.1. Teljesítménydióda	5
1.1.2. Tirisztor (SCR)	6
1.1.3. Triac	8
1.1.4. GTO	8
1.1.5. Teljesítménytranzisztor és Darlington tranzisztor	8
1.1.6. Teljesítmény MOSFET	9
1.1.7. IGBT	10
1.1.8. GTO	10
1.1.9. MOS-vezérelt tirisztor (MCT)	11
1.1.10. Smart teljesítmény blokkok	11
2. Vezéreltlen természetes kommutációjú egyenirányítók (AC□DC)	12
2.1. Egyfázisú egyenirányítók	12
2.1.1. 1F1U1Ü kapcsolás R terheléssel	13
2.1.2. 1F1U1Ü kapcsolás R-L terheléssel	13
2.1.3. 1F2U2Ü (Graetz vagy híd) kapcsolás R-C terheléssel	14
2.1.4. 1F1U2Ü kapcsolás (középpont-kapcsolás) R-L-U0 terheléssel	15
2.2. Háromfázisú egyenirányító kapcsolások	16
2.2.1. 3F1U3Ü egyenirányító kapcsolás R terheléssel	16
2.2.2. 3F2U6Ü (híd) egyenirányító kapcsolás R-L terheléssel	16
3.0. Vezérelt egyenirányítók (AC□DC)	17
3.1. Egyfázisú tirisztoros kapcsolás ellenállás terheléssel	17
3.2. Egyfázisú tirisztoros kapcsolás R-L terheléssel	17
3.3. Egyfázisú hídkapcsolás R-L-U0 terheléssel	18
3.4. 3F1U3Ü vezérelt egyenirányító kapcsolás R-L terheléssel	19
3.5. 3F2U6Ü vezérelt egyenirányító kapcsolás R-L terheléssel	19
4. DC-DC átalakítók (chopperek)	20
4.1. Impulzus modulációk	20
4.1.1. A PWM elve és tulajdonságai	20
4.1.2. A PFM elve	21
4.2. Unipoláris feszültségcsökkentő DC-DC konverter R-L-U0 terheléssel	22
4.3. Bipoláris feszültségcsökkentő DC-DC konverter R-L-U0 terhelés	23
5. DC-AC átalakítók (inverterek)	24
5.1. Egyfázisú félhidas inverter	24
5.2. Egyfázisú teljeshidas inverter	25
5.3. Háromfázisú, 180° vezetési szögű inverter	25

5.4.	Impulzus-szélesség modulált inverterek (PWM)	26
5.4.1.	Egy impulzusos PWM	26
5.4.2.	Több impulzusos PWM	27
5.4.3.	Színusz-modulációs PWM (SPWM)	27
5.4.4.	Fázistolásos PWM	28
5.4.5.	Deltamodulációs (hiszterézises) PWM	28
6.	Kapcsolóüzemű tápegységek	29
6.1.	Primer oldali kapcsolóüzemű tápegységek	29
6.1.1.	Záróüzemű tápegység (flyback converter)	30
6.1.2.	Nyitóüzemű (gerjesztő átalakító) tápegység (IT forward converter)	31
6.1.3.	Ellenütemű kapcsolóüzemű tápegység (Push-pull converter)	32
6.1.4.	Hídkapcsolású kapcsolóüzemű tápegység (Full-bridge converter)	33
6.2.	Szekunder oldali kapcsolóüzemű tápegységek (DC-DC konverterek)	33
6.2.1.	Feszültségcsökkentő tápegység (buck/step down regulator)	33
6.2.2.	Feszültségnövelő tápegység (boost/step up regulator)	35
6.2.3.	Polaritásváltó tápegység (inverting regulator)	36
6.3.	Speciális konverter	37
6.3.1.	Speciális szekunderoldali kapcsolóüzemű tápegységek	37
6.3.2.	Szinkron konverterek	37
6.4.	Teljesítménytényező korrekció (PFC)	37
7.0	Statikus AC-AC átalakítók	39
7.1.	Fázishasításos teljesítményszabályozás	39
8.	AC és DC működtetésű szolenoidok és arányosmágnesek	40
8.1	Szolenoidok, arányos mágnesek	40
8.1.1.	A tekercs viselkedése egyenáramú működtetés esetén konstans induktivitást feltételezve	40
8.1.2.	A tekercs viselkedése egyenáramú működtetés esetén, konstans induktivitást feltételezve, párhuzamosan kötött nulldiódával	41
8.1.3.	A tekercs viselkedése váltakozóáramú működtetés esetén konstans induktivitást feltételezve	42
8.2.	Lineáris mágneses körök	42
8.2.1.	Egyenáramú behúzó mágnese	42
8.2.2.	Váltakozóáramú behúzó mágnese	43
8.2.3.	Arányosmágnesek	44

c) Minta röpzárthelyik és értékelésük

Motoros/hajtásos rész

A. csoport

1. 1 fázisú 2 utas félig-vezérelt tirisztoros híd állandó mágneses gerjesztésű kommutátoros egyenáramú motorok hajtásához

- áramköri rajz, időfüggvény, egyenfeszültség a gyújtási szög függvényében, sík-negyedek 6 pont

2. Frekvenciaváltós aszinkron motoros hajtás - áramköri rajz, hatlépéses üzemmód, U/f =állandó vezérlés elve, előnyök, hátrányok, alkalmazás 7 pont

3. Léptető motorok: - jellemzők, felépítés, típusai, üzemmódjai, jelleggörbéi, vezérlésének tömbvázlata 7 pont

Összesen: 20 pont

B. csoport

1. Azonos forgásirányú 2/4 tranzisztoros szaggató állandó mágneses gerjesztésű kommutátoros egyenáramú motorok hajtásához

- áramköri rajz, időfüggvény, feszültség- és áramirányok, valamint fordulatszám és nyomaték irányok, sík-negyedek 6 pont

2. Különleges szinkron motorok

- reluktancia motor, állandó mágnesű motor, hiszterézis motor 7 pont

3. Kefenélküli vagy elektronikus kommutációjú egyenáramú motor

- jellemzők, felépítés, működés, áramköri rajz, vezérlés 7 pont

Összesen: 20 pont

Minta ZH példa - Egyenáramú külső gerjesztésű kommutátoros motorok és villamos hajtásuk Dr. Márai Ferenc jegyzete alapján:

Teljesítményelektronika rész

I/A_rpzh

1. A tirisztor működése, jellemzői, védelme, gyújtása (4 pont)
2. 1F2U2Ü egyenirányító kapcsolás (Graetz) R-C terheléssel (7 pont)
3. 3F1U3Ü vezérelt egyenirányító R-L terheléssel (3 pont)
4. Unipoláris feszültségcsökkentő DC-DC konverter R-L- U_0 terheléssel (6 pont)

I/B_rpzh

1. Teljesítmény félvezetők veszteségei ohmos terhelés esetén ki- és bekapcsoláskor (6 pont)
2. Egyenirányítók túlfeszültség védelme. (3 pont)
3. 3F2U6Ü (híd) egyenirányító kapcsolás R-L terheléssel (4 pont)
4. Bipoláris feszültségcsökkentő DC-DC konverter R-L- U_0 terheléssel (két kiválasztott ténnyed) (7 p)

I./C_rpzh

1. TRIAC jellemzői (3 pont)
2. F2U2Ü egyenirányító kapcsolás (Graetz) R-C terheléssel (6 pont)
3. WM elve, előnyei, hátrányai (4 pont)
4. ipoláris feszültségcsökkentő DC-DC konverter R-L- U_0 terheléssel (két kiválasztott ténnyed) (7 p)

II/A_rpzh

5. Háromfázisú, 180° vezetési szögű inverter (csak a kapcsolási rajz) (2 pont)
6. Stabilizált kimenetű DC/DC tápegységek jellemző kimeneti karakterisztikái és jellemzői (5 pont)
7. Nyitóüzemű primer oldali kapcsolóüzemű tápegység (minden) (7 pont)
8. Egyenáramú (lineáris) behúzómágnés (minden) (6 pont)

II/B_rpzh

1. gyfázisú félhidas inverter R, L és R-L terhelés esetén (4 pont)
2. llenütemű primer oldali tápegység (minden) (4 pont)
3. esztültségcsökkentő szekunderoldali kapcsolóüzemű tápegység működése és jellemzői (8 pont)
4. áltakozóáramú behúzómágnés működése, jellemzői (4 pont)

II/C_rpzh

1. eltamodulációs (hiszterézises) inverter (4 pont)
2. isszahajló áramkarakteristikájú túláram-védelem (4 pont)
3. esztültségnövelő szekunderoldali kapcsolóüzemű tápegység (minden) (8 pont)
4. egyenáramú behúzómágnés (minden) (4 pont)

Pótlás

1/1 pzh

1. Szinuszmódulációs PWM-es inverter (SPWM) (4 pont)
2. Analóg lineáris tápegységek elvi felépítése, ha $U_{ki} > U_{ref}$ (3 pont)
3. Polaritásváltó szekunder-oldali kapcsolóüzemű tápegység (minden) (8 pont)
4. Tekercs viselkedése egyenáramú működtetés esetén, konstans induktivitást feltételezve, dióda nélkül (5 pont)

1/2. pzh

1. Tirisztor működése, jellemzői, gyújtása, védelme (5 pont)

- | | |
|--|----------|
| 2. 1F1U2Ü egyenirányító (diódás) kapcsolás R-L- U_0 terheléssel | (4 pont) |
| 3. 3F1U3Ü vezérelt egyenirányító kapcsolás R-L terheléssel | (3 pont) |
| 4. PWM moduláció elve és jellemzői | (3 pont) |
| 5. Unipoláris feszültségcsökkentő DC-DC konverter R-L- U_0 terheléssel | (5 pont) |

Tételjegyzék

1. Teljesítmény-félvezetők veszteségei, csoportosítása.
2. Teljesítmény félvezetők: teljesítménydióda, tirisztor (SCR), Triac
3. Teljesítmény félvezetők: Teljesítménytranzisztor és Darlington tranzisztor, teljesítmény MOSFET
4. Teljesítmény félvezetők: GTO, IGBT, MOS-vezérelt tirisztor (MCT), Smart teljesítmény blokkok
5. Vezéreltlen természetes kommutációjú egyenirányítók (AC/DC): 1F1U1Ü kapcsolás R terheléssel, 1F1U1Ü kapcsolás R-L terheléssel, 1F2U2Ü (Graetz vagy híd) kapcsolás R-C terheléssel
6. Vezéreltlen természetes kommutációjú egyenirányítók (AC/DC): 1F1U2Ü kapcsolás (középpont-kapcsolás) R-L- U_0 terheléssel, Háromfázisú egyenirányító kapcsolások, 3F1U3Ü egyenirányító kapcsolás R terheléssel, 3F2U6Ü (híd) egyenirányító kapcsolás R-L terheléssel
7. Vezérelt egyenirányítók (AC-DC): egyfázisú tirisztoros kapcsolás ellenállás, terheléssel egyfázisú tirisztoros kapcsolás R-L terheléssel, egyfázisú hídkapcsolás R-L- U_0 terheléssel
8. Vezérelt egyenirányítók (AC-DC): 3F1U3Ü vezérelt egyenirányítós kapcsolás R-L terheléssel, 3F2U6Ü vezérelt egyenirányítós kapcsolás R-L terheléssel
9. DC-DC átalakítók (chopperek): Impulzus modulációk: a PWM elve és tulajdonságai, a PFM elve. Unipoláris feszültségcsökkentő DC-DC konverter R-L- U_0 terheléssel
10. DC-DC átalakítók (chopperek): bipoláris feszültségcsökkentő DC-DC konverter R-L- U_0 terhelés
11. DC-AC átalakítók (inverterek): egyfázisú félhidas inverter, egyfázisú teljes hidas inverter
12. DC-AC átalakítók (inverterek): Háromfázisú, 180° vezetési szögű inverter, egy impulzusos PWM, több impulzusos PWM
13. DC-AC átalakítók (inverterek): Szinuszmódulációs PWM (SPWM), fázistolásos PWM deltamódulációs (hiszterézises) PWM
14. Primer oldali kapcsolóüzemű tápegységek: záróüzemű tápegység (flyback converter), nyitóüzemű (gerjesztő átalakító) tápegység (1T forward converter)
15. Kapcsolóüzemű tápegységek: ellenütemű kapcsolóüzemű tápegység (Push-pull converter), hídkapcsolású kapcsolóüzemű tápegység (Full-bridge converter)
16. Szekunder oldali kapcsolóüzemű tápegységek (DC-DC konverterek): feszültségcsökkentő tápegység (buck/step down regulator), feszültségnövelő tápegység (boost/step up regulator)
17. Polaritásváltó tápegység (inverting regulator), speciális szekunderoldali kapcsolóüzemű tápegységek, szinkron konverterek, teljesítménytényező korrekció (PFC)
18. Statikus AC-AC átalakítók: fázishasításos teljesítményszabályozás
19. Szolenoidok, arányos mágnesek: a tekercs viselkedése egyenáramú működtetés esetén konstans induktivitást feltételezve, a tekercs viselkedése egyenáramú működtetés esetén, konstans induktivitást feltételezve, párhuzamosan kötött nulldiódával, A tekercs viselkedése váltakozóáramú működtetés esetén konstans induktivitást feltételezve
20. Lineáris mágneses körök: egyenáramú behúzó mágnes, váltakozóáramú behúzó mágnes, arányos mágnesek

Tantárgyi dosszié

Tárgy: Teljesítményelektronika és
szervorendszerek
Tárgyjegyző: dr. Kovács Ernő egyetemi docens
Szak: Villamosmérnöki MSc szak
Szakirány: szabadon választható 2.

Tantárgykód: GEVEE227ML
Félév: őszi
ETF: -
Követelmény: 8 4 v/3

A) TEMATIKA

Hét	Előadás+gyakorlat
1.	Teljesítmény félvezetők I.: dióda, BJT, HVT, JFET, MOSFET, SCR, TRIAC, GTO, IGBT, MCT, SITH. DC szaggatós áramkörök: A,B,C,D,E osztályú szaggatók elve. Pulzus modulációk elve: PWM, PFM, PAM. DC teljesítmény-szabályzási elvek. Uni- és bipoláris átalakítók.
2.	DC-AC átalakítók: teljes és félhidas átalakítók. Egy és háromfázisú SPWM átalakítók elvei AC teljesítményszabályzási elvek. Statikus szabályozók. Inverterek: feszültség inverterek, áraminverterek.SPWM. Frekvenciaváltók elve. Villamos gépek hajtásának bevezetése. Kommutátoros gépek működése. Egyenáramú szervomotorok. Tirisztoros és tranzisztoros meghajtók. Elektronikus kommutációjú egyenáramú motor.
3.	Univerzális motorok és vezérlésük. Aszinkron gépek működése, frekvenciaváltós hajtása. Egyfázisú aszinkron motor, hasított pólusú aszinkron motor. Szinkron gépek működése, automatikai szinkrongépek. Léptető motorok jellemzői, felépítése, működési elve. Léptető motor szögelfordulása, jelleggörbéi, vezérlésének tömbvázlata.

b) TANTÁRGYI ELŐÍRÁSOK

Félévközi feladatok és azok beadási határideje: nincs

Zárthelyi: nincs

Az aláírás megszerzésének feltételei:

Az előadásokon való aktív részvétel.

Az aláíráspótlás: az aláírás a vizsgaidőszakban –az engedélyezett időtartamon belül- a vizsgával egyidőben pótolható.

A vizsga jegy megszerzése: A vizsga írásbeli és szóbeli. Az írásbeli rész a félév teljes anyagából az előre kiadott tételjegyzék alapján két tétel (egy a teljesítményelektronikai és egy a motorok és hajtások részről) részletes kidolgozásával teljesíthető. **A vizsga elégtelen, ha bármelyik tétel kidolgozottsági szintje az elégséges szintet nem éri el.** A szóbeli rész a tételekhez fűzött kiegészítésekből és/vagy az anyag többi részét érintő kérdésekből tevődik össze

Kötelező irodalom:

Dr. Kovács Ernő: Teljesítményelektronika Levelező tagozatos Villamosmérnöki mesterszakos hallgatóknak., on-line jegyzet (letölthető), <http://www.uni-miskolc.hu/~elkke> címről

Dr. Blága Csaba segédletek online segédlet letölthető <http://www.uni-miskolc.hu/~elkblaga> címről

Ajánlott irodalom:

Rashid, M., H.: Power Electronics, Prentice Hall, 1993.

Shepherd, Hulley, Liang: Power electronics and motion control, Cambridge Publ. 1995.

Valery Vodovozov: Introduction to Power Electronics letölthető a <http://bookboon.com/en/introduction-to-power-electronics-ebook> címről

Valery Vodovozov: Electric-drive-systems-and-operation letölthető <http://bookboon.com/en/electric-drive-systems-and-operation-ebook> címről

Valery Vodovozov: Electric-drive-dimensioning-and-tuning letölthető <http://bookboon.com/en/electric-drive-dimensioning-and-tuning-ebook>

c) Előadások anyaga

Az előadások teljes anyagát az internetről letölthető jelszóval védett pdf állományú jegyzet alkotja. A jelszót az első előadáson kapják meg a hallgatók. Az elérési útvonal a kötelező irodalomnál található meg.

Bevezetés	2
1. Teljesítmény-félvezetők	2
1.1.1. Teljesítménydióda	5
1.1.2. Tirisztor (SCR)	6
1.1.3. Triac	8
1.1.4. GTO	8
1.1.5. Teljesítménytranzisztor és Darlington tranzisztor	8
1.1.6. Teljesítmény MOSFET	9
1.1.7. IGBT	10
1.1.8. GTO	10
1.1.9. MOS-vezérelt tirisztor (MCT)	11
1.1.10. Smart teljesítmény blokkok	11
2. Vezéreltlen természetes kommutációjú egyenirányítók (AC□DC)	12
2.1. Egyfázisú egyenirányítók	12
2.1.1. 1F1U1Ü kapcsolás R terheléssel	13
2.1.2. 1F1U1Ü kapcsolás R-L terheléssel	13
2.1.3. 1F2U2Ü (Graetz vagy híd) kapcsolás R-C terheléssel	14
2.1.4. 1F1U2Ü kapcsolás (középpont-kapcsolás) R-L-U0 terheléssel	15
2.2. Háromfázisú egyenirányító kapcsolások	16
2.2.1. 3F1U3Ü egyenirányító kapcsolás R terheléssel	16
2.2.2. 3F2U6Ü (híd) egyenirányító kapcsolás R-L terheléssel	16
3.0. Vezérelt egyenirányítók (AC□DC)	17
3.1. Egyfázisú tirisztoros kapcsolás ellenállás terheléssel	17
3.2. Egyfázisú tirisztoros kapcsolás R-L terheléssel	17
3.3. Egyfázisú hídkapcsolás R-L-U0 terheléssel	18
3.4. 3F1U3Ü vezérelt egyenirányítós kapcsolás R-L terheléssel	19

d) Minta röpzárthelyik és értékelésük

Motoros/hajtásos rész

A. csoport

1. 1 fázisú 2 utas félig-vezérelt tirisztoros híd állandó mágneses gerjesztésű kommutátoros egyenáramú motorok hajtásához
- áramköri rajz, időfüggvény, egyenfeszültség a gyújtási szög függvényében, sík-negyedek 6 pont
2. Frekvenciaváltós aszinkron motoros hajtás - áramköri rajz, hatlépéses üzemmód, U/f =állandó vezérlés elve, előnyök, hátrányok, alkalmazás 7 pont
3. Léptető motorok: - jellemzők, felépítés, típusai, üzemmódjai, jelleggörbéi, vezérlésének tömbvázlata 7 pont

Összesen: 20 pont

B. csoport

1. Azonos forgásirányú 2/4 tranzisztoros szaggató állandó mágneses gerjesztésű kommutátoros egyenáramú motorok hajtásához
- áramköri rajz, időfüggvény, feszültség- és áramirányok, valamint fordulatszám és nyomaték irányok, sík-negyedek 6 pont
2. Különleges szinkron motorok
- reluktancia motor, állandó márgnesű motor, hiszterézis motor 7 pont
3. Kefenélküli vagy elektronikus kommutációjú egyenáramú motor
- jellemzők, felépítés, működés, áramköri rajz, vezérlés 7 pont

Összesen: 20 pont

Minta ZH példa - Egyenáramú külső gerjesztésű kommutátoros motorok és villamos hajtásuk Dr. Márai Ferenc jegyzete alapján:

Teljesítményelektronika rész

I/A_rpzh

1. A tirisztor működése, jellemzői, védelme, gyújtása (4)
2. 1F2U2Ü egyenirányító kapcsolás (Graetz) R-C terheléssel (7)
3. 3F1U3Ü vezérelt egyenirányító R-L terheléssel (3)
4. Unipoláris feszültségcsökkentő DC-DC konverter R-L- U_0 terheléssel (6)

I/B_rpzh

1. Teljesítmény félvezetők veszteségei ohmos terhelés esetén ki- és bekapcsoláskor (6)
2. Egyenirányítók túlfeszültség védelme. (3)
3. 3F2U6Ü (híd) egyenirányító kapcsolás R-L terheléssel (4)
4. Bipoláris feszültségcsökkentő DC-DC konverter R-L- U_0 terheléssel (két kiválasztott ténegyed) (7 p)

I./C_rpzh

1. TRIAC jellemzői (3 pont)
2. F2U2Ü egyenirányító kapcsolás (Graetz) R-C terheléssel (6 pont)
3. WM elve, előnyei, hátrányai (4 pont)
4. ípoláris feszültségcsökkentő DC-DC konverter R-L- U_0 terheléssel (két kiválasztott ténnyegyed) (7 p)

II/A_rpzh

5. Háromfázisú, 180° vezetési szögű inverter (csak a kapcsolási rajz) (2 pont)
6. Stabilizált kimenetű DC/DC tápegységek jellemző kimeneti karakterisztikái és jellemzői (5 pont)
7. Nyitóüzemű primer oldali kapcsolóüzemű tápegység (minden) (7 pont)
8. Egyenáramú (lineáris) behúzóágnes (minden) (6 pont)

II/B_rpzh

1. gyfázisú félhidas inverter R, L és R-L terhelés esetén (4 pont)
2. llenütemű primer oldali tápegység (minden) (4 pont)
3. esztülségcsökkentő szekunderoldali kapcsolóüzemű tápegység működése és jellemzői (8 pont)
4. áltakozóáramú behúzóágnes működése, jellemzői (4 pont)

II/C_rpzh

1. eltamodulációs (hiszterézises) inverter (4 pont)
2. isszahajló áramkarakteristikájú túláram-védelem (4 pont)
3. esztülségnövelő szekunderoldali kapcsolóüzemű tápegység (minden) (8 pont)
4. gyenáramú behúzóágnes (minden) (4 pont)

Pótlás

1/1 pzh

1. Szinusz-modulációs PWM-es inverter (SPWM) (4 pont)
2. Analóg lineáris tápegységek elvi felépítése, ha $U_{ki} > U_{ref}$ (3 pont)
3. Polaritásváltó szekunder-oldali kapcsolóüzemű tápegység (minden) (8 pont)
4. Tekercs viselkedése egyenáramú működtetés esetén, konstans induktivitást feltételezve, dióda nélkül (5 pont)

1/2. pzh

1. Tirisztor működése, jellemzői, gyújtása, védelme (5 pont)

- | | |
|--|----------|
| 2. 1F1U2Ü egyenirányító (diódás) kapcsolás R-L-U ₀ terheléssel | (4 pont) |
| 3. 3F1U3Ü vezérelt egyenirányító kapcsolás R-L terheléssel | (3 pont) |
| 4. PWM moduláció elve és jellemzői | (3 pont) |
| 5. Unipoláris feszültségcsökkentő DC-DC konverter R-L-U ₀ terheléssel | (5 pont) |

Tételjegyzék

1. Teljesítmény-félvezetők veszteségei, csoportosítása.
2. Teljesítmény félvezetők: teljesítménydióda, tirisztor (SCR), Triac
3. Teljesítmény félvezetők: Teljesítménytranzisztor és Darlington tranzisztor, teljesítmény MOSFET
4. Teljesítmény félvezetők: GTO, IGBT, MOS-vezérelt tirisztor (MCT), Smart teljesítmény blokkok
5. Vezéreltlen természetes kommutációjú egyenirányítók (AC/DC): 1F1U1Ü kapcsolás R terheléssel, 1F1U1Ü kapcsolás R-L terheléssel, 1F2U2Ü (Graetz vagy híd) kapcsolás R-C terheléssel
6. Vezéreltlen természetes kommutációjú egyenirányítók (AC/DC): 1F1U2Ü kapcsolás (középpont-kapcsolás) R-L-U₀ terheléssel, Háromfázisú egyenirányító kapcsolások, 3F1U3Ü egyenirányító kapcsolás R terheléssel, 3F2U6Ü (híd) egyenirányító kapcsolás R-L terheléssel
7. Vezérelt egyenirányítók (AC/DC): egyfázisú tirisztoros kapcsolás ellenállás, terheléssel egyfázisú tirisztoros kapcsolás R-L terheléssel, egyfázisú hídkapcsolás R-L-U₀ terheléssel
8. Vezérelt egyenirányítók (AC/DC): 3F1U3Ü vezérelt egyenirányítós kapcsolás R-L terheléssel, 3F2U6Ü vezérelt egyenirányítós kapcsolás R-L terheléssel
9. DC-DC átalakítók (chopperek): Impulzus modulációk: a PWM elve és tulajdonságai, a PFM elve, Unipoláris feszültségcsökkentő DC-DC konverter R-L-U₀ terheléssel
10. DC-DC átalakítók (chopperek): bipoláris feszültségcsökkentő DC-DC konverter R-L-U₀ terhelés
11. DC-AC átalakítók (inverterek): egyfázisú félhidas inverter, egyfázisú teljes hidas inverter
12. DC-AC átalakítók (inverterek): Háromfázisú, 180° vezetési szögű inverter, egy impulzusos PWM, több impulzusos PWM
13. DC-AC átalakítók (inverterek): Szinuszmódulációs PWM (SPWM), fázistolásos PWM deltamódulációs (hiszterézises) PWM
14. Primer oldali kapcsolóüzemű tápegységek: záróüzemű tápegység (flyback converter), nyitóüzemű (gerjesztő átalakító) tápegység (IT forward converter)
15. Kapcsolóüzemű tápegységek: ellenüzemű kapcsolóüzemű tápegység (Push-pull converter), hídkapcsolású kapcsolóüzemű tápegység (Full-bridge converter)
16. Szekunder oldali kapcsolóüzemű tápegységek (DC-DC konverterek): feszültségcsökkentő tápegység (buck/step down regulator), feszültségnövelő tápegység (boost/step up regulator)
17. Polaritásváltó tápegység (inverting regulator), speciális szekunderoldali kapcsolóüzemű tápegységek, szinkron konverterek, teljesítménytényező korrekció (PFC)
18. Statikus AC-AC átalakítók: fázishasításos teljesítményszabályozás
19. Szolenoidok, arányos mágnesek: a tekercs viselkedése egyenáramú működtetés esetén konstans induktivitást feltételezve, a tekercs viselkedése egyenáramú működtetés esetén, konstans induktivitást feltételezve, párhuzamosan kötött nulldiódával, A tekercs viselkedése váltakozóáramú működtetés esetén konstans induktivitást feltételezve
20. Lineáris mágneses körök: egyenáramú behúzó mágnes, váltakozóáramú behúzó mágnes, arányos mágnesek