

# TANTÁRGYI TEMATIKA ÉS TELJESÍTÉSI KÖVETELMÉNYEK

## 2023/2024 2. FÉLÉV

Cím	<b>Rendszerelmélet 2.</b>
Tárgykód	IVB353MNMI
Heti óraszám: ea/gy/lab	2 ea, 2lab
Kreditpont	5
Szak(ok)/ típus	Mérnök Informatikus/K
Tagozat	N, L
Követelmény	v
Meghirdetés féléve	ta
Előzetes követelmény(ek)	Rendszerelmélet 1.
Oktató tanszék(ek)	Műszaki Informatika
Tárgyfelelős	Jancskárné Dr Anweiler Ildikó egyetemi docens
Oktatók	Dr.Sári Zoltán egyetemi docens Landek Nikoletta szakoktató

## TÁRGYLEÍRÁS

A tantárgy bevezeti a hallgatókat a folytonos idejű, lineáris szabályozások alapvető koncepcióiba: bemutatja ezen szabályozások működési elvét, analizését és szintézisét. A kurzus elvégzésével a hallgatók képesek lesznek a különböző mérnöki alkalmazásokban felbukkanó alapvető szabályozási problémák értelmezésére, javaslatételre a szabályozók típusára, paraméterezésére vonatkozóan. A tárgy célja továbbá megfelelő alapozást nyújtani a későbbi specializációkhoz.

## TÁRGYTEMATIKA

### AZ OKTATÁS CÉLJA

A tantárgy bevezeti a hallgatókat a folytonos idejű, lineáris szabályozások alapvető koncepcióiba: bemutatja ezen szabályozások működési elvét, analizését és szintézisét. A kurzus elvégzésével a hallgatók képesek lesznek a különböző mérnöki alkalmazásokban felbukkanó alapvető szabályozási problémák értelmezésére, javaslatételre a szabályozók típusára, paraméterezésére vonatkozóan. A tárgy célja továbbá megfelelő alapozást nyújtani a későbbi specializációkhoz.

### A TANTÁRGY TARTALMA

Rövid leírás: Az irányítás fogalma. Irányítási struktúrák, vezérlés, szabályozás, az irányítás szintjei. Az önműködő szabályozás felépítése. A hatásvázlat. Példák. A szabályozásokkal szemben támasztott követelmények. Alaptagok és összetett tagok jellemző függvényei. A zárt szabályozási kör jelátviteli tulajdonságai. Eredő átviteli függvények, típusszám, alapjelkövetés és zavarelhárítás. Stabilitásvizsgálat. Szabályozások minőségi jellemzői. A szabályozási kör méretezése, követelmények és módszerek. P, PD, PI és PID szabályozó arányos és integráló szakaszokhoz. Holtidős szakasz szabályozása. Szabályozók optimalizálása. Zavarkompenzáció, kaszkádszabályozás.

### TÉMAKÖRÖK

1. Alapfogalmak, terminológia. Az irányítás hierarchiája. Az irányítási rendszerek felosztása Az irányítási rendszerek ábrázolásmódjai: a műszerezési folyamatábra és a hatásvázlat. A szabályozási kör jelei, jellemzői. A szabályozások csoportosítása. Nyílt, ill. zárthurkú irányítások: a vezérlés és a szabályozás összehasonlítása. Példák műszerezési folyamatábrára és hatásvázlatra.
2. Alapvető jelátviteli tagok. Az átmeneti függvény állandósult és tranzien komponenseinek szabályozástechnikai jelentősége. A visszacsatolás hatása, az eredő átviteli függvény. A negatív visszacsatolás hatása a rendszer erősítésére. A szabályozási kör hatásvázlatai. Átmeneti függvény alapú modellegyszerűsítések. Közelítés egytárolós holtidős taggal.
3. A szabályozással szemben támasztott követelmények. Visszacsatolt rendszerek stabilitása. Az alapjelkövetés és/vagy a zavarkompenzáció statikus pontossága. Előírt dinamikus viselkedés: az egységugrás alapjelkövetés teljesítménymérője. Érzéketlenség. Szabályozások vizsgálata a frekvencia tartományban. Eredő átviteli függvények.
4. A zárt kör stabilitása. Egyszerűsített Nyquist-kritérium. Fázistartalék és erősítési tartalék. Az erősítési és a fázistartalék meghatározása a Bode-diagramban.

5. Állásos szabályozások. Egytárolós, holtidős rendszer szabályozása kétállású szabályozóval. A folytonos és a kétállású szabályozás összehasonlítása.
6. PID-szabályozás. Automata üzemmód és a végrehajtójel munkapontja A PID szabályozó szerkezete. Az arányos szabályozó: P-szabályozó. Arányos szabályozó és önbeálló szakasz alkotta szabályozási körök. Maradó szabályozási hiba. P-szabályozó és egytárolós szakasz alkotta zárt szabályozási kör. A P-szabályozó hatása a felnyitott kör frekvenciafüggvényére. A végrehajtószerelv telítése.
7. Másodrendű időkéleltetéses szakasz P-szabályozóval szabályozva. Harmadrendű időkéleltetéses szakasz P-szabályozóval szabályozva. Integráló szakasz P-szabályozóval. Vizsgálat frekvenciatartományban. A szabályozások típuszáma. 0. típusú szabályozás. 1. típusú hurok. 2. típusú hurok.
8. Integráló szabályozó. Az I-szabályozó hatása a hurokátviteli frekvenciafüggvényre. A beavatkozószerelv telítésének hatása az I-szabályozásra. Egytárolós szakasz I-szabályozóval. Kéttárolós szakasz szabályozása I-szabályozóval. Harmadrendű időkéleltetéses (háromtárolós) szakasz I-szabályozóval. A P- és I-szabályozás összehasonlítása az időtartományban. Integráló szakasz I-szabályozóval.
9. PI-szabályozó. A PI-szabályozó hatása a szakasz frekvenciaátviteli karakterisztikájára. Kéttárolós rendszer PI-szabályozóval. A P-, I- és PI-szabályozás összehasonlítása. Póluskompenzálás PI-szabályozóval. Háromtárolós rendszer szabályozása PI-szabályozóval, példa. PD-szabályozó. A PD-szabályozó frekvenciafüggvénye. A PD-szabályozó hatása a frekvencia-átvitelre.
10. PID-szabályozó. A PID-szabályozó átmeneti függvénye. A PID-szabályozó frekvenciaátviteli karakterisztikája. Szűrés a D-tagon. PD-szabályozó szűrt D-taggal: közelítő PD-szabályozó. A közelítő PD-szabályozó frekvenciafüggvénye. A fázis siettető/késleltető kompenzációs tag. A közelítő PID-szabályozó.
11. Holtidős rendszerek szabályozása. Arányos, holtidős hurok. Integráló, holtidős hurok. Egytárolós, holtidős szakasz szabályozása PID-szabályozóval.
12. A PID-szabályozó paraméterbeállítási módszerei. A PID-szabályozó paramétereinek hatása a szabályozás dinamikájára. Tapasztalati szabályozóhangolási módszerek. Zárt körön végzett kísérletezések. Felnyitott körben végzett vizsgálatok: A szakasz átmeneti függvényének kimérésén alapuló módszerek. PID-szabályozót eredményező modell-alapú szabályozótervezés. Lambda-tuning módszer. Célfüggvény minimalizálásán alapuló szabályozóhangolási módszerek, integrálkritériumok.
13. PID-szabályozó paraméter-beállítása a frekvencia-tartományban. Tervezés elsőrendű zártkörü átviteli karakterisztikára. Tervezés másodrendű zártkörü átviteli karakterisztikára. Példa a hurokátviteli függvény tervezésére.
14. Szabályozás kisegítő jellemzőkkel: Az egyhurkos szabályozás teljesítményének javítása. Kaszkádszabályozás. A kaszkád szabályozás koncepciója, a struktúra kialakíthatóságának feltételei. Előnyei hátrányai. A kaszkád szabályozás hangolása. Példa.
15. Zavarkompensációs szabályozás. A zavarkompensálások összehasonlítása.
16. Diszkrét PID szabályozóalgoritmus származtatása. Helyzet- és sebesség szabályozó algoritmusok.

## RÉSZLETES TANTÁRGYI PROGRAM ÉS A KÖVETELMÉNYEK ÜTEMEZÉSE

### ELŐADÁS

Okta- tási hét	Téma	Jegyzet oldalszám
1.	Alapfogalmak, terminológia. Az irányítás hierarchiája. Az irányítási rendszerek felosztása Az irányítási rendszerek ábrázolásmódjai: a műszerezési folyamatábra és a hatásvázlat. A szabályozási kör jelei, jellemzői. A szabályozások csoportosítása. Nyílt, ill. zárthurkú irányítások: a vezérlés és a szabályozás összehasonlítása. Példák műszerezési folyamatábrára és hatásvázlatra.	15 – 27.
2.	Alapvető jelátviteli tagok. Az átmeneti függvény állandósult és tranzien komponenseinek szabályozástechnikai jelentősége. A visszacsatolás hatása, az eredő átviteli függvény. A negatív visszacsatolás hatása a rendszer erősítésére. A szabályozási	31 – 40.

	kör hatásvázlatjai. Átmeneti függvény alapú modellegyszerűsítések. Közéltés egytárolós holtidős taggal.	
3.	A szabályozással szemben támasztott követelmények. Visszacatolt rendszerek stabilitása. Az alapjelkövetés és/vagy a zavarkompenzálás statikus pontossága. Előírt dinamikus viselkedés: az egységugrás alapjelkövetés teljesítménymérője. Érzéketlenség. Szabályozások vizsgálata a frekvencia tartományban. Eredő átviteli függvények.	43 – 52.
4.	A zárt kör stabilitása. Egyszerűsített Nyquist-kritérium. Fázistartalék és erősítési tartalék. Az erősítési és a fázistartalék meghatározása a Bode-diagramban.	53 – 58.
5.	Állásos szabályozások. Egytárolós, holtidős rendszer szabályozása kétállású szabályozóval. A folytonos és a kétállású szabályozás összehasonlítása.	59 – 65.
6.	PID-szabályozás. Automata üzemmód és a végrehajtójel munkapontja A PID szabályozó szerkezete. Az arányos szabályozó: P-szabályozó. Arányos szabályozó és önbeálló szakasz alkotta szabályozási körök. Maradó szabályozási hiba. P-szabályozó és egytárolós szakasz alkotta zárt szabályozási kör. A P-szabályozó hatása a felnyitott kör frekvenciafüggvényére. A végrehajtószerelv telítése.	67 – 78.
7.	Integráló szakasz P-szabályozóval. Vizsgálat frekvenciatartományban. A szabályozások típuszáma. 0. típusú szabályozás. 1. típusú hurok. 2. típusú hurok. Integráló szabályozó. Az I-szabályozó jellemzői, az I-szabályozó hatása a hurokátviteli frekvenciafüggvényre. Egytárolós szakasz I-szabályozóval. Kéttárolós szakasz szabályozása I-szabályozóval. Harmadrendű időképletetetés (háromtárolós) szakasz I-szabályozóval.	85 – 92. 93 – 100.
8.	A P- és I-szabályozás összehasonlítása az időtartományban. póluskompenzálás. Integráló szakasz I-szabályozóval. A beavatkozószerelv telítésének hatása az I-szabályozásra. PI-szabályozó. A PI-szabályozó hatása a szakasz frekvenciaátviteli karakterisztikájára.	100. 101. 105 – 106. 101 – 104.
9.	Kéttárolós rendszer PI-szabályozóval. A P-, I- és PI-szabályozás összehasonlítása. Póluskompenzálás PI-szabályozóval. Háromtárolós rendszer szabályozása PI-szabályozóval, példa. PD-szabályozó. A PD-szabályozó frekvenciafüggvénye. A PD-szabályozó hatása a frekvencia-átvitelre. PID-szabályozó. A PID-szabályozó átmeneti függvénye. A PID-szabályozó frekvenciaátviteli karakterisztikája.	107 – 109. 110 – 113. 114 – 115.
10.	Szűrés a D-tagon. PD-szabályozó szűrt D-taggal: közelítő PD-szabályozó. A közelítő PD-szabályozó frekvenciafüggvénye. A közelítő PID-szabályozó. Holtidős rendszerek szabályozása. Arányos, holtidős hurok. Integráló, holtidős hurok. Egytárolós, holtidős szakasz szabályozása PID-szabályozóval.	116 – 118. 119 – 125.
11.	A PID-szabályozó paraméterbeállítási módszerei. A PID-szabályozó paramétereinek hatása a szabályozás dinamikájára. Tapasztalati szabályozóhangolási módszerek. Zárt körön végzett kísérletezések. Felnyitott körben végzett vizsgálatok: A szakasz átmeneti függvényének kimérésén alapuló módszerek. PID-szabályozót eredményező modell-alapú szabályozótervezés. Lambda-tuning módszer. Célfüggvény minimalizálásán alapuló szabályozóhangolási módszerek, integrálkritériumok. PID-szabályozó paraméter-beállítása a frekvencia-tartományban. Tervezés elsőrendű zártkörü átviteli karakterisztikára. Tervezés másodrendű zártkörü átviteli karakterisztikára. Példa a hurokátviteli függvény tervezésére.	126 – 137. 138 – 151.
12.	Szabályozás kisegítő jellemzőkkel: Az egyhurkos szabályozás teljesítményének javítása. Kaszkádszabályozás. A kaszkád szabályozás koncepciója, a struktúra kialakíthatóságának feltételei. Előnyei hátrányai. A kaszkád szabályozás hangolása. Zavarkompenzációs szabályozás.	153 – 172.
13.	Szünet	
14.	Pót ZH	

**GYAKORLAT/LABORGYAKORLAT**

Okta- tási hét	Téma	Teljesítendő feladat (beadandó, zárthelyi, stb.)	Teljesítés ideje, határideje
1.	Rendszerelméleti alapfogalmak és módszerek ismételése, rendszerezése. A rendszeregyenlet (I/O modell), az átmeneti függvény (ugrásválasz), a súlyfüggvény (impulzusválasz), az átviteli függvény, és az átviteli karakterisztika (frekvenciafüggvény) fogalma és értelmezése. Rendszerek kapcsolási módjai: soros-párhuzamos, visszacsatolás idő- és operátortartományban.	Id. Moodle	Id. Moodle
2.	Alapvető jelátviteli tagok és tulajdonságaik. I/O modellek, frekvenciafüggvények, átviteli függvények és értelmezésük. (Nulladrendű, elsőrendű, egytárolós holtidős tagok.)	Id. Moodle	Id. Moodle
3.	Alapvető jelátviteli tagok és tulajdonságaik. I/O modellek, frekvenciafüggvények, átviteli függvények és értelmezésük. (Másodrendű; integráló és differenciáló jellegű tagok)	Id. Moodle	Id. Moodle
4.	A visszacsatolás hatása, alapjelkövetés, zavarkompenzáció, statikus pontosság, dinamikus viselkedés jellemzői. Stabilitás, stabilitási kritériumok értelmezése, stabilitási tartalékok meghatározása.	Id. Moodle	Id. Moodle
5.	Állásos szabályozás. Egytárolós holtidős rendszer szabályozása, az állásos szabályozás jellemző dinamikája és paraméterei.	Id. Moodle	Id. Moodle
6.	Egyszerű jelátviteli tagok frekvenciafüggvényeinek vizsgálata. A paraméterek változtatásának hatása a frekvenciafüggvényre. Egyszerű szabályozási körök vizsgálata a szabályozás dinamikájának és minőségi jellemzőinek szempontjából.	Id. Moodle	Id. Moodle
7.	ZH1 (on-line/jelenléti)		
8.	Példák: Integráló szakasz P-szabályozóval, egytárolós szakasz I-szabályozóval, kéttárolós szakasz I-szabályozóval, harmadrendű időképletetetéses (háromtárolós) szakasz I-szabályozóval.	Id. Moodle	Id. Moodle
9.	A P- és I-szabályozás összehasonlítása az időtartományban, példa átmeneti függvényekre, jellemző tulajdonságok vizsgálata. A PI-szabályozó hatásának vizsgálata frekvenciatartományban.	Id. Moodle	Id. Moodle
10.	Kéttárolós rendszer PI-szabályozóval, példa. A P-, I- és PI-szabályozás összehasonlítása, póluskompenzáció hatásának vizsgálata, háromtárolós rendszer szabályozása PI-szabályozóval. A PD-szabályozó frekvenciafüggvénye és jellemzői. A PD-szabályozó hatása a frekvenciaátvitelre. A PID-szabályozó átmeneti függvénye, és frekvenciaátviteli karakterisztikája, paraméterek szerepe. A közelítő PD-szabályozó frekvenciafüggvénye. A közelítő PID-szabályozó. Egytárolós, holtidős szakasz szabályozása PID-szabályozóval, példa.	Id. Moodle	Id. Moodle
11.	A PID-szabályozó paramétereinek hatása a szabályozás dinamikájára. Zárt körön végzett kísérletezések, szabályozó hangolása, példa a paraméterbeállításra. Példa a hurokátviteli függvény tervezésére.	Id. Moodle	Id. Moodle
12.	ZH2 (on-line/jelenléti)		
13.	Szünet		
14.	Pótlás (ZH1 és ZH2)		

**SZÁMONKÉRÉSI ÉS ÉRTÉKELÉSI RENDSZER****JELENLÉTI ÉS RÉSZVÉTELI KÖVETELMÉNYEK**

A PTE TVSz 45.§ (2) és 9. számú melléklet 3§ szabályozása szerint a hallgató számára az adott tárgyból érdemjegy, illetve minősítés szerzése csak abban az esetben tagadható meg hiányzás miatt, ha nappali tagozaton egy tantárgy esetén a tantárgyi tematikában előírányzott foglalkozások több mint 30%-áról hiányzott.

**A jelenlét ellenőrzésének módja: jelenléti ív**

**Vizsgálóval záruló tantárgy****Félévközi ellenőrzések, teljesítményértékelések és részarányuk a vizsgára bocsátás feltételének minősítésben**

Típus	Értékelés, pont	Részarány a vizsgára bocsátás feltételének minősítésben, %
1. ZH		50
2. ZH		50

**Az aláírás megszerzésének feltétele**

A tematika szerinti dolgozatok adott időben történő megírása. Minimálisan teljesítendő szorgalmi időszakban: 40 %.

**Pótlási lehetőségek az aláírás megszerzéséhez** (PTE TVSz 50§(2))

A javításra, ismétlésre és pótlásra vonatkozó különös szabályokat a TVSZ általános szabályaival együttesen kell értelmezni és alkalmazni: Minden ZH és a beadandó jegyzőkönyvek, ..., a szorgalmi időszakban legalább egy-egy alkalommal pótolhatók/javíthatók, továbbá a vizsgaidőszak első két hetében legalább egy alkalommal lehetséges a ZH-k, a beadandók, ..., javítása/pótlása az aláírás megszerzése érdekében.

**Vizsga típusa (írásbeli, szóbeli): szóbeli**

A vizsga minimum **40%-os teljesítés esetén sikeres.**

**Az érdemjegy kialakítása** (TVSz 47§ (3))

**40%-ban** az évközi teljesítmény, **60%-ban** a vizsgán nyújtott teljesítmény alapján történik.

**Az érdemjegy megállapítása az összesített teljesítmény alapján %-os bontásban**

Érdemjegy	Teljesítmény %-ban kifejezve
jeles (5)	85 % ...
jó (4)	70 % ... 85 %
közepes (3)	55 % ... 70 %
elégéses (2)	40 % ... 55 %
elégtelen (1)	40 % alatt

Az egyes érdemjegyeknél megadott alsó határérték már az adott érdemjegyhez tartozik.

**IRODALOM****KÖTELEZŐ IRODALOM ÉS ELÉRHETŐSÉGE: NEPTUN MEETS RTEET**

- [1.] Jancskárné A.I.: Szabályozások I. PTE MIK, Pécs, 2016. ISBN:978-963-429-026-1  
[2.] Jancskárné A.I.: Szabályozások II. PTE MIK, Pécs, 2016. ISBN:978-963-429-027-8 REjegyzet\_csak\_saját\_használatra.pdf

**AJÁNLOTT IRODALOM ÉS ELÉRHETŐSÉGE (INTERNET)**

- [3.] Keviczky L., Bars R., Hetthéssy J., Bartha A., Bányász Cs. Szabályozástechnika. Universitas Kht. Győr, 2006.  
[4.] Nise: Control system engineering. Wiley, 2011