

ALAPTAGOK SZÁMÍTÓGÉPES ANALÍZISE IDŐ- ÉS FREKVENCIARTOMÁNYBAN A "LAGLAB" PROGRAMCSOMAG FELHASZNÁLÁSÁVAL

Ivánka László hallgató, Nagy Zoltán hallgató

ZRÍNYI MIKLÓS NEMZETVÉDELMI EGYETEM
Vezetés- és Szervezéstudományi Kar
Fedézeti Rendszerek Tanszék

A szerzők feladatát tűzték ki maguk elé egy olyan számítógépes programcsomag kifejlesztését, amely nagymértékben segíti a villamosmérnöki szakon az automatika tantárgy oktatását. A szerzők célja olyan program megírása, amely alkalmas automatikai alaptagok idő- és frekvenciartományban végrehajtott analízisére. A szerzők célja, hogy bemutassák az általuk kifejlesztett számítógépes programcsomagot, annak működését, valamint javaslatot tegyenek annak alkalmazására az oktatás során.

BEVEZETÉS.

A hallgatók tanulmányai során rengeteg probléma vetődött fel az automatikai alaptagokon végzett számításokkal, karakterisztikák ábrázolásával kapcsolatosan. Igaz, hogy ezen számítások elvégzése egytárolós, differenciáló, integráló vagy arányos tagok esetén elég egyszerű de összetett tagok (IT1, IT2,...PID) esetén a számolások és ábrázolások időigényesek és bonyolultak lesznek. Erre igen jó példa a DT2-tag átmeneti függvénye, ahol a tag kimenetének lengéseit szinuszos és koszinuszos összetevők okozzák, valamint ezek a lengések a csillapítási tényező értékétől is függenek. Ezek az ábrázolási és számítási feladatok más forgalomban lévő szoftverek (MATLAB[®], CTRL-C, MATRIX₆) segítségével is megoldhatóak lennének, de ezek a programok magas szintű programozási ismereteket feltételeznek valamilyen programnyelvben (C, C++,...). A MATLAB[®] felhasználásával [7] mutat be számítógépes tevezést és analízist. Azon egyetemi és főiskolai hallgatók, akik nem rendelkeznek magas szintű programozási ismeretekkel, nem tudják felhasználni ezeknek a programoknak a segítségét tanulmányaik, munkájuk során.

Célunk egy olyan jól használható szoftver (LAGLAB) elkészítése amely nem igényel programozási ismereteket, használata egyszerű és emberközelí. Az egyszerű használat estünkben annyit jelent, hogy az adott alaptagra megadott jellemzők beírása után a program automatikusan ábrázolja a kiválasztott alaptag idő- és frekvenciartománybeli karakterisztikáit valamint annak jellemző értékeit gyorsan és pontosan megadja. Ebből következően a felhasználó a hosszú számítási és ábrázolási feladatok elvégzése nélkül láthatná, hogy egy alaptag a megadott értékű jellemzőkre milyen karakterisztikákkal rendelkezik. A karakterisztikák leolvasásának segítségére az ábrákat feliratozással illetve méretezőráccsal kívánjuk ellátni.

A kitűzött célunk megvalósításához feladatunknak tekintjük egy olyan programyelv kiválasztását, melynek segítségével a felsorolt problémákat meg tudjuk oldani és céljainkat meg tudjuk valósítani. Szükségesnek tartjuk a kiválasztott programyelven olyan forrásprogramot írni amelynek elsődleges célja az alaptagokra jellemző egyen- és váltakozó áramú karakterisztikák megrajzolása és a karakterisztikákra jellemző értékek meghatározása. A vizsgálatunk során a következő alaptagok analizésére kell kitérnünk :

arányos tagok, tárolós tagok, integráló tagok, differenciáló tagok, összetett tagok.

A felsorolt tagok jellemzőinek megadása után a szoftvernek képesnek kell lennie arra, hogy pontosan megszerkessze a következő karakterisztikákat:

súlyfüggvény, átmeneti-függvény, egységsebesség-függvény, Bode diagram, Nyquist diagram, Nichols diagram.

A dolgozatunk megírása során figyelembe kell vennünk azt is, hogy ezeket karakterisztikákat más WINDOWS alkalmazásban (MSWORD, MSEXCEL,...) is be tudják illeszteni a felhasználók a munkáikba, ezért biztosítanunk kell az ábrák jól alkalmazható formában (Bittérkép) való elmentését, valamint a nyomtatási funkciókat is be kell építenünk a programunkba. Alapvető feladatunk az is, hogy olyan szoftvert készítsünk amelynek a kezelőfelülete jól áttekinthető egyszerűen használható és illeszkedik a WINDOWS felhasználói környezethez.

Véleményünk szerint a programsomagunk használata révén a hallgatók közelebb kerülnek az automatika tantárgyhoz és használatával megalapozhatják további automatikai tanulmányaikat. Ezt igen fontos szempontnak tartjuk, hiszen ezekből az alaptagokból épülnek fel a szabályozási rendszerek is és az alaptagok működésének megértése és elsajátítása nélkül az összetett szabályozástechnikai rendszerek vizsgálata nehéz feladat lesz. Az általunk elkészített számítógépes programsomag jól alkalmazható az automatika tantárgy oktatása során.

1. AZ ALAPTAGOK VIZSGÁLATÁNAK AUTOMATIZÁLÁSI LEHETŐSÉGEI.

1.1 Az időtartományban történő vizsgálat automatizálási lehetőségei.

Az elméleti módszereket összefoglalva :

A differenciálegyenlet módszer alkalmas arra, hogy egy adott tag dinamikáját megvizsgáljuk, viszont ezen módszer hátránya, hogy a magasabb rendű egyenletek megoldása rendkívül bonyolult és időigényes. Ezen kívül a homogén egyenlet megoldásában szereplő állandók csak az inhomogén egyenlet teljes megoldásának megtalálása után határozhatók meg. A módszer hátrányaiból kifolyólag nem terjedt el a gyakorlati alkalmazások automatizálása terén, valamint a dolgozatunkban sem lehet megfelelően felhasználni az alaptagok szoftveres analizéséhez.

A súlyfüggvény és az átmeneti-függvény felhasználása az előbbi módszernél lényegesen egyszerűbb és célravezetőbb. A tipikus vizsgálójelek felhasználásával egy alaptag átviteli-függvénye egyszerűen számítható valamint egy kapcsolási rajz alapján is könnyen felírható. Ismerve az átjárási lehetőségeket az említett függvények között az Átmeneti-függvény és a súlyfüggvény könnyen felírható. A függvények felírása és kirajzolása után hiven tükrözik az adott tag viselkedését. A módszer igen jól használható szoftveres analízis megvalósítására, ebből kifolyólag dolgozatunkban is igen jelentős szerepet kap. Ezen módszerek felhasználása a gyakorlatban is igen elterjedt. Igen előnyös ennél a módszernél hogy ismerve a kimenő és a bemenő jelet a tag átmeneti- illetve súlyfüggvénye meghatározható. Elméleti tárgyalásnál viszont probléma adódhat a bonyolultabb függvények integrálásánál, differenciálásánál.

A Fourier-transzformáció tulajdonképpen az operátortartományban történő vizsgálatok egyik módszere de elméletében kapcsolódik az időtartományhoz és a frekvenciatartományhoz is. Mivel minden időfüggvény felírható végtelen sok szinuszos illetve koszinuszos függvény összegeként ebből következően egy tag viselkedése elemezhető a bemenő jel összetevőire adott válaszainak szuperpozíciójaként is. A módszer előnyének tekinthetjük azt a tényt, hogy a rendszert leíró differenciálegyenlet Fourier transzformáltját képezve algebrai egyenletet kapunk. Az így kapott egyenletet megoldva és az eredményt inverz transzformálva az időfüggvényt kapjuk meg. Az alaptagok időbeli viselkedésének leírásához nem lehet felhasználni, mert rendelkezik egy olyan hátránnyal, hogy vannak olyan gyakorlati és elméleti függvények, amelyeknek nem lehet meghatározni a Fourier- transzformáltját. Igen egyszerű példa erre az egységugrás függvény.

1.2 A frekvenciatartományban történő vizsgálat automatizálási lehetőségei.

Szükségesnek tartom a Fourier-transzformációs vizsgálati módszert a frekvenciatartományban történő vizsgálatnál is megemlíteni, hogy a bemenő jel valójában ennél a módszernél különböző frekvenciájú szinuszos jelekből áll. Így ezek Fourier-sorba fejthetők ebből arra következtethetünk, hogy hogyan csillapítja, és mekkora fázistolási szöggel módosítja a rendszer vagy a tag a bemenő jel összetevőit.

A Laplace-transzformáció voltaképpen nem is tekinthető igazán egy vizsgálati módszernek, hanem inkább bevezetjük egy olyan elméleti tárgyalási módnak amely segítheti a munkánkat a vizsgálatok során mind az idő- mind a frekvenciatartományban. Ennek az elméleti tárgyalási módnak az előnye az, hogy gyakorlatilag az összes előforduló függvénynek megadható a transzformáltja. A Laplace-transzformáció a differenciálegyenleteket algebrai egyenletekké alakítja [6] ezért könnyen megoldható egy adott tag differenciálegyenlete és ebből felírható az átviteli függvény is. A Laplace-transzformáció módszerének segítségével az alaptagok viselkedése a frekvenciatartományban igen szemléletes és pontos. A módszer segítségével meghatározható egy tag átviteli-függvénye.

A Bode diagram és Nyquist karakterisztika rengeteg információt hordoznak az alaptagok viselkedéséről. Ezen karakterisztikákhoz az értékeket mérésrel is meg lehet határozni. Ilyen mérési módszer például a Lissajous-görbék felvétele [1], amely tájékoztatást ad egy tag vagy egy rendszer fáziseltolási szögéről. Azonban ezen karakterisztikák kézzel történő kiserkesztése hosszadalmas feladat és csak nagy odafigyeléssel lehet pontosan megrajzolni, valamint a Nyquist-diagram ábrázolásakor komplex számokkal kell dolgozni és a tag valamely paraméterének megváltozása ezen a diagramon nem elég szemléletes. A Nyquist diagramból könnyen kiolvasható egy tag fáziseltolási szöge, a fázistartalék és az erősítési tartalék [5] Ezek a számítási, rajzolási műveletek többletárolás tagoknál viszont nagyon lebonnyolódhatnak. A kiserkesztett karakterisztikákból viszont könnyedén leolvashatóak egy vizsgált alaptag rezonanciafrekvenciái, stabilitási tulajdonságai, minőségi jellemzői. A felsorolt előnyökből következően a frekvenciatartománybeli vizsgálat a legalkalmasabb módszer arra, hogy az alaptagokról a lehető legtöbb információt kapjuk. A módszer előnyei mellett szól az is, hogy a számítások automatizálása egyszerűen és pontosan valósítható meg a frekvenciatartományban.

2. AZ ALPTAGOK VIZSGÁLATA A LAGLAB PROGRAMCSOMAG SEGÍTSÉGÉVEL.

A program neve az angol LAG (tag) és a Laboratory (laboratórium) szóból származik. A programban kialakított számolási eljárások miatt alapjában véve egy matematikai program amely automatikai feladatokat old meg annak érdekében, hogy információt nyerjünk egy kiválasztott alaptag viselkedéséről. A papíron elvégzendő számítások helyett célszerűbb egy automatizált módját választani a számításoknak. Ezeknek az automatizált számításoknak a végrehajtására készítettük ezt a LAGLAB nevű szoftvert.

A számítások tényleges automatizálása a DLL fájlban történik. Ebben a fájlban a főprogramtól megkapott információk felhasználásával hajtja végre a műveleteket a program. Az információhordozók estünkben rekord típusú változók melyek tartalmazzák az időállandókat, átviteli tényezőket, kezdeti frekvenciákat. A automatizált számítások sebességének növelése érdekében az adott vizsgálat végrehajtásához a felhasználónak nem kell megadni lépésszámot vagy frekvencialéptéket mert ezeket a DLL fájlban számoljuk. Rengeteg gondot okozott a megfelelő módszer kidolgozása, de hosszú számolások és kísérletezések után sikerült kidolgoznunk egy módszert, mely segítségével a lehető legjobb minőségű ábrázolási eljárást kialakítanunk. A frekvenciatartomány függvényeinek lépésszám meghatározásához felhasznált módszer lényege az, hogy oktávonként az adott képpontoknak megfelelő frekvenciaértékre számoljuk a függvény értékét és oktávonként a kezdő- és végfrekvencia különbségével arányos lépésszámmal számolunk. Valójában ezzel is a program gyorsabb és biztosabb működését biztosítjuk.

2.1 A program funkciói.

A program az automatikában ismert alaptagok valamint PI, PD, PID összetett tagok idő- és frekvenciatartománybeli analízisére alkalmas. Ez annyit jelent, hogy az általunk előnyösnek tartott vizsgálati módszerek segítségével megszerkessze a következő karakterisztikákat: súlyfüggvény, átmeneti-függvény, sebességfüggvény, Bode-diagram, Nyquist-diagram, Nichols-diagram.

A maximális frekvencia amit ezen diagramok kirajzolásához alkalmazni lehet 10 GHz valamint a maximális idő 10 másodperc. Ezen idő- és frekvenciatartományok elég szélesek ahhoz, hogy egy kiválasztott alaptagon egy vizsgálatot végre lehessen hajtani. A kirajzolás után azonnal információt kaphatunk a tagok általános jellemzőiről (átviteli tényező, csillapítási tényező, időállandók, stb.). A program kezelőfelületén elhelyezkedő szövegmezőben elővashatóak a kiválasztott tagra jellemző függvények. Valamint az elmentett diagrammok is áttekinthetők.

A program megírása után elkészítettük a dokumentációt amely útmutatást nyújt a szoftver használatához.

2.2 Mire szolgál a Laglab ?

A program használatának szemléltetése céljából egy T1, T2, IT1, DT2-es tag vizsgálatát és annak eredményeit mutatjuk be azokkal az ábrákkal amit a LAGLAB programcsomag segítségével készítettünk el. A vizsgálat idő- és frekvenciatartományban történik a T1- tag viselkedését egy Súlyfüggvénnyel, és egy Bode-diagram segítségével szemléltetjük.

- A T1-tag T1-es időállandója : 0,0001 sec,
- A vizsgálati intervallum a frekvenciatartományban : 100 rad/sec - 1 Mrad/sec
- A vizsgálati intervallum az időtartományban : 0 sec - 0,0010 sec

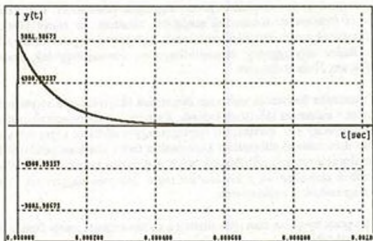
Esetünkben a tag átviteli függvénye :

$$Y(s) = \frac{1}{1 + sT_1} \quad (2.1)$$

Ez az érték a tag differenciálegyenletéből egyszerűen Laplace-transzformáció segítségével megkapható. A tag átmeneti függvénye $1/s$ -el való szorzás és inverz Laplace-transzformáció után megkapható. Az átmeneti-függvény differenciálása után pedig megkapjuk a tag súlyfüggvényét :

$$y(t) = \frac{1}{T_1} e^{-\frac{t}{T_1}} \quad (2.2)$$

A tag súlyfüggvénye az 1. ábrán látható.

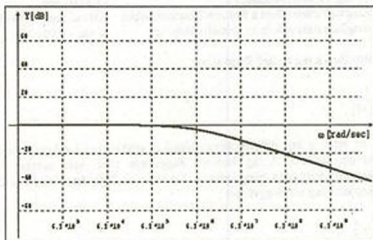


1. ábra A T1 tag súlyfüggvénye

Az alaptag átviteli-függvényéből $s = j\omega$ helyettesítéssel felírható a frekvenciafüggvény melyből a logaritmikus amplitúdó jelleggörbe a következő alakban írható fel [1]:

$$-20 \log \sqrt{1 + \omega^2 T_1^2} \quad (2.3)$$

A tag amplitúdó-karakterisztikája a 2. ábrán látható.

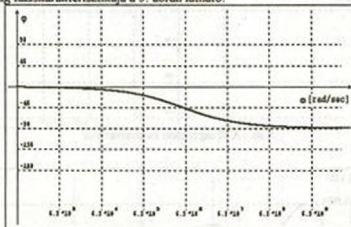


2. ábra A T1 tag amplitúdó karakterisztikája

A tag frekvenciafüggvényének képzetes és valós részének hányadosából adódó érték arkusztangensét kiszámolva megkapjuk az alaptag fázis-jelleggörbéjének egyenletét [1]:

$$\varphi(\omega) = ar \operatorname{ctg} \frac{\operatorname{Im} Y(j\omega)}{\operatorname{Re} Y(j\omega)} = -ar \operatorname{ctg} \omega T_1 \quad (2.4)$$

A tag fáziskarakterisztikája a 3. ábrán látható.



3. ábra A T1 tag fáziskarakterisztikája

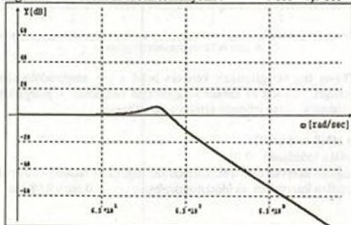
A T2-es tag vizsgálata során a program segítségével kiszkeresztettük a tag amplitúdó-karakterisztikáját, Nichols-diagramját és az átmeneti függvényét. A felsorolt karakterisztikák a 4., 5. illetve a 6. ábrán láthatók. A vizsgálat során a tag paraméterei :

T1-es időállandó : 0,01s

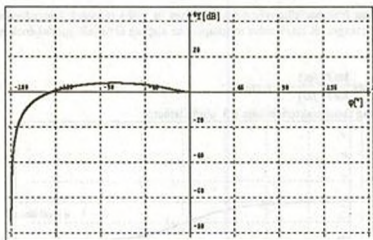
T2-es időállandó : 0,021s

A vizsgálati intervallum a frekvenciatartományban : 1 rad/sec - 100 krad/sec

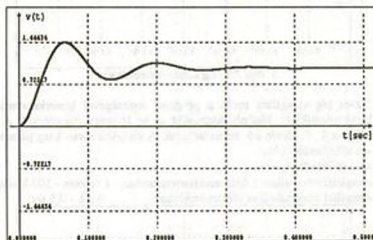
A vizsgálati intervallum az időtartományban : 0 sec - 0,5 sec



4. ábra A T2 tag amplitúdó karakterisztikája



5. ábra A T2 tag Nichols karakterisztikája



6. ábra A T2 tag átmeneti függvénye

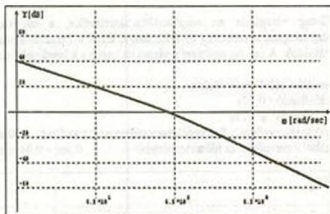
Az IT1-es tag vizsgálatának keretein belül a tag amplitúdókarakterisztikáját, Nyquist-diagramját, valamint az átmeneti-függvényét vizsgáltuk. A jelleggörbék a 7., 8., és a 9. ábrán láthatók. A tag jellemző értékei a következők:

T1-es időállandó : 0,01s

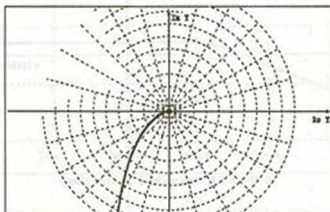
Integrálási időállandó : 0,01s

A vizsgálati intervallum a frekvenciatartományban : 1 rad/sec - 10 krad/sec

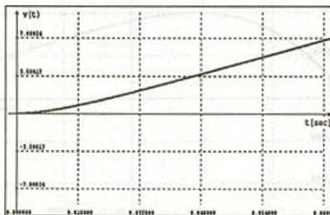
A vizsgálati intervallum az időtartományban : 0 sec - 0,08 sec



7. ábra Az IT1 tag amplitúdó karakterisztikája



8. ábra Az IT1 tag Nyquist karakterisztikája



9. ábra A IT1 tag átmeneti függvénye

A DT2-tag vizsgálata az amplitúdókarakterisztika, a súlyfüggvény és a sebességfüggvény megszerkesztéséből tevődik össze. Ezek a karakterisztikák a 10., 11., és a 12. ábrán láthatók. A tag paraméterei a vizsgálat során a következők voltak:

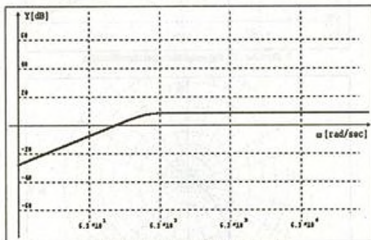
Differenciálási időállandó : 0,04s

T1-es időállandó : 0,02s

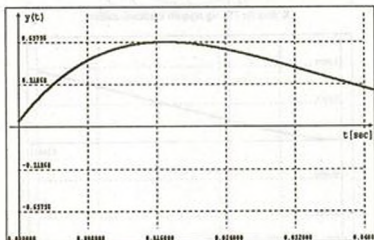
T2-es időállandó : 0,015s

A vizsgálati intervallum a frekvenciatartományban : 1 rad/sec - 100 krad/sec

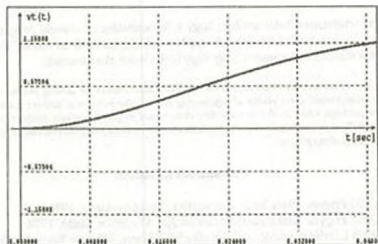
A vizsgálati intervallum az időtartományban : 0 sec - 0,04 sec



10. ábra A DT2 tag amplitúdó karakterisztikája



11. ábra A DT2 tag súlyfüggvénye



12. ábra A DT2 tag sebesség függvénye

3. ÖSSZEFOGLALÁS

Forrásprogramot írtunk BORLAND DELPHI WINDOWS fejlesztői környezetben. Ezen programsomag felhasználásával sikerült biztosítani egy olyan kezelőfelületet melynek használata egyszerű és formailag is jól illeszkedik WINDOWS környezetéhez. Ez a főprogram az objektumorientált programozással készült amely programban objectwindows adta lehetőségeket használtuk ki. Ebben a fejlesztői környezetben valósítottuk meg a legördülő menürendszerek és a dialogusablakok megszerkesztését. Megvalósítottuk a különböző tagok jellemző értékeinek elmentését 'TDK' kiterjesztésű fájlalba. Biztosítottuk a kiserkesztett karakteristikák jól használható formátumban való tárolását 'BMP' így ezek az ábrák felhasználhatók más WINDOWS alkalmazásokban is. A fájlkezelési műveleteken kívül néhány általunk írt kiegészítő unitot is beillesztettünk a programba melyek az említett eredmények áttekintését biztosítják. A konkrét számolási feladatokat DLL (Dinamikusan Szerkeszthető Könyvtár) könyvtárakban hajtottuk végre melyek BORLAND PASCAL 7.0 for WINDOWS programnyelven íródtak. Ezekben a DLL könyvtárakban a kirajzolandó karakteristikákhoz egy-egy metafájl rendeltünk melyeket a főprogram aktuális aktív ablakában megjelenítettünk, ezekben a DLL könyvtárakban biztosítottuk azt is, hogy igény szerint a karakteristikák rendelkezzenek-e méretezőráccsal vagy ne valamint megvalósítottuk a tengelyek feliratozását is. Ezen DLL-ek alkalmazására azért volt szükség, hogy az EXE fájl kódszögmensének méretét csökkentjük valamint a programunk írásakor is nagyobb áttekinthetőséget biztosítottak. A programunk megírása után elkészítettük a szoftver teljes dokumentációját amely megfelelő útmutatást nyújt a 'LAGLAB' programsomag használatához. A programunk megírása során a felhasznált szakkönyvek segítségével felmerült problémákat megoldottuk és egy olyan jól használható szoftvert készítettünk melynek használat egyszerű és emberközelí. Megoldottuk a nehézkes és időigényes számítások pontos és gyors elvégzését. A programunk képes az automatikai alaptagok vizsgálatára az idő- és

frekvenciatartományon belül anélkül, hogy a felhasználónak valamely programnyelvben programozási ismeretei lennének. A szoftver alkalmazásával az olyan alaptagok is egyszerűen analízálhatók, amelyek egy vagy több tárolót tartalmaznak.

The main task of the authors is creating a new software environment for solving engineering problem during teaching process of the electrical engineering branch. The purpose of authors is development of a computer package, which is able to solve time domain and frequency domain analysis of basic lags. The goal of authors is showing a computer package created by them firstly and recommending practical application in teaching process.

Felhasznált irodalom

- [1] Dr. Csáki Frigyes - Bars Ruth: Automatika, Tankönyvkiadó, 1986.
- [2] Dr. Csáki Frigyes: Szabályozások dinamikája, Akadémiai Kiadó, 1974.
- [3] Dr. Helm László: A szabályozástechnika kézikönyve, Műszaki Könyvkiadó Budapest, 1974.
- [4] Dr. Tuschák Róbert: Szabályozástechnika, I. füzet, Műegyetemi Kiadó, 1993.
- [5] William L. Brogan, Ph. D. : Modern Control Theory, Prentice-Hall, 1991.
- [6] Benjamin C. Kuo: Automatic Control Systems, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1982.
- [7] R. Szabolcsi - J. Eszes - M. Németh: "Design of the Robust Controller for the Fighter Aircraft Pitch Attitude Control System", Proceedings of the 11th Congress "Aerospace '97", Belgrade, Yugoslavia, pp(D19-D25), 1997.