



دانشگاه زنجان

دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان نامه کارشناسی

گرایش : مخابرات

عنوان : بررسی کنترل مقاوم و روش تکرار D-K

استاد راهنما : دکتر فرشاد مریخیات

نگارش : حسین محمدی

تاریخ دفاعیه : مرداد 90

تقدیر و تشکر

بدینوسیله از زحمات استاد گرامی **دکتر فرشاد مریخ بیات** که در تمامی مراحل انجام پروژه بنده را

یاری نموده و راهنمایی های ایشان تأثیر بسزایی در گردآوری این مجموعه داشته است ، صمیمانه تشکر

می نمایم . بی شک از مهمترین عوامل انگیزه بخش در این کار پیگیری های دقیق و ارائه روش های

هوشمندانه ایشان در این مسیر بوده و خواهد بود .



تقدیم به پدر و مادر عزیزم

بابان نامہ کارستانی



چکیده

مباحثی که در این پروژه راجع به آن صحبت شده، شامل موارد کلی زیر است:

- روش پاسخ فرکانسی
- مدل نامعینی و مقاوم بودن سیستم
- شرایط پایداری و عملکرد مطلوب

- طراحی کنترل کننده

فصل اول و دوم این پروژه شامل مفاهیم اولیه کنترل و روشهای کنترل کلاسیک می باشد. در این دو

فصل مفاهیمی مانند پاسخ فرکانسی و پایداری سیستم بیان می شود. در فصل سوم به مفاهیم ریاضی

کنترل مقاوم می پردازیم و انواع نرم ها را معرفی می کنیم و سرانجام در فصل چهارم راجع به مبحث

اصلی یعنی نامعینی صحبت می کنیم. در این فصل انواع نامعینی، نمایش نامعینی، پایداری و عملکرد

مقاوم به طور مفصل توضیح داده می شود. همچنین در طول هر فصل مثال هایی آورده شده که به

خواننده کمک می کند تا مفاهیم را هر چه بهتر و عمیق تر درک کند. در پایان باید بگویم که بسیاری از

مسائل کنترل مقاوم از طریق روش های عددی و به کمک برنامه **MATLAB** حل می شوند. بنابراین

یادگیری شعبه ابزار کنترل مقاوم در برنامه **MATLAB** کمک شایانی به حل بسیاری از مسائل کنترل

مقاوم می کند.

فهرست مطالب

صفحه

فصل اول

- مقدمه 1
- 1.1. فرآیند طراحی سیستم کنترلی 1
- 1.2. اصطلاحات مفید 1
- 1.3. سیستم کنترلی 4

فصل دوم

- کنترل کلاسیک 6
- 2.1. پاسخ فرکانسی 6
- 2.2. کنترل فیدبک 7
- 2.3. پایداری حلقه بسته 9
- 2.4. ارزیابی عملکرد حلقه بسته 10
- 2.5. طراحی کنترل کننده 15
- 2.6. شکل دهی حلقه 16
- 2.7. شکل دهی تابع انتقال حلقه بسته 24

فصل سوم

- انواع نرم ها 33
- 3.1. انواع نرم 33

فصل چهارم

نامعینی و مقاوم بودن در سیستم های SISO 44

4.1. مقدمه ای بر مقاوم بودن سیستم ها 44

4.2. نمایش نامعینی 44

4.3. نامعینی پارامتریک 47

4.4. نمایش نامعینی در حوزه فرکانس 48

4.5. پایداری مقاوم در سیستم های SISO 58

4.6. عملکرد مقاوم در سیستم های SISO 63

4.7. مثال هایی برای نامعینی پارامتریک 70

فصل اول

مقدمه

1.1 فرآیند طراحی سیستم کنترلی

- 1) مطالعه سیستمی که قرار است کنترل شود و بدست آوردن اطلاعات لازم درباره اهداف کنترل.
- 2) مدل کردن سیستم و در صورت امکان ساده سازی آن.
- 3) مقیاس بندی¹ متغیرها و آنالیز مدل ریاضی.
- 4) مشخص کردن متغیرهایی که قرار است کنترل شوند (خروجی کنترل کننده ها).
- 5) تعیین مقادیر اندازه گیری شده به منظور مشخص کردن نوع سنسورها و مکان آنها.
- 6) انتخاب شکل و نوع کنترل کننده.
- 7) طراحی کنترل کننده.
- 8) آنالیز نتایج سیستم کنترلی به منظور اصلاح و تغییر کنترل کننده و شبیه سازی نتایج.
- 9) در صورت نیاز تکرار مرحله دوم.

1.2 اصطلاحات مفید

پایداری نامی²: پایداری سیستم بدون در نظر گرفتن هر گونه نامعینی.

عملکرد نامی³: عملکرد مطلوب سیستم بدون در نظر گرفتن هر گونه نامعینی.

¹ . Scaling

² . Nominal stability

³ . Nominal performance

پایداری مقاوم^۱: پایداری سیستم با در نظر گرفتن هر گونه نامعینی اعم از مدل نامی تا بدترین مدل

نامعینی^۲

عملکرد مقاوم^۳: عملکرد مطلوب سیستم با در نظر گرفتن هر گونه نامعینی اعم از مدل نامی تا بدترین

مدل نامعینی .

تعریف :

$G(s)$ اکیداً سره است هرگاه $G(j\omega) \rightarrow 0$ هنگامی که $\omega \rightarrow \infty$.

$G(s)$ نیمه سره^۴ است هرگاه $G(j\omega) \rightarrow D \neq 0$ هنگامی که $\omega \rightarrow \infty$.

$G(s)$ سره است هرگاه اکیداً سره و یا نیمه سره باشد .

$G(s)$ نا سره است هرگاه $G(j\omega) \rightarrow \infty$ هنگامی که $\omega \rightarrow \infty$.

نکات :

حروف کوچک برای سیگنال ها و بردارها استفاده می شود (مانند u, y, n) . حروف بزرگ برای ماتریس

ها و توابع انتقال استفاده می شود (مانند G, K) . آرایه های یک ماتریس با حروف کوچک نشان داده

می شود (مانند g_{ij} ، ij امین آرایه ماتریس G را نشان می دهد) در حالیکه اگر با حروف بزرگ مانند Z نشان

G_{ij} نوشته شود ، خود یک ماتریس از G پارتیشن شده است .

برای نمایش G در فضای حالت از نماد زیر استفاده می کنیم

$$G(s) = C(SI - A)^{-1}B + D \qquad G(s) = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix}$$

در توابع انتقال حلقه بسته از S برای نشان دادن تابع حساسیت و از T به عنوان تابع مکمل حساسیت^۵

استفاده می کنیم که T تابع انتقال حلقه بسته است و این دو با توابع زیر به هم مرتبط اند .

$$S = (I + L)^{-1} \qquad T = L(I + L)^{-1} \qquad T = I - S$$

¹ Robust stability

² Worst - case

³ Robust performance

⁴ Semi - proper or Bi - proper

⁵ Complementary sensitivity

که L تابع انتقال دور حلقه است یعنی $L = GK$

برای نمایش نامعینی از E برای اختلال¹ نرمالیزه نشده و از Δ برای حالت نرمالیزه شده استفاده می کنیم بطوریکه در حالت نرمالیزه شده اندازه Δ کوچکتر مساوی یک می باشد. همچنین مدل نامی سیستم را با G و مدل دارای نامعینی را با G_p نمایش می دهیم. به عنوان مثال در حالت نامعینی جمعی داریم:

$$G_p = G + E_A = G + w_A \Delta_A$$

که w_A نشان دهنده وزن نامعینی است.

RHP (نیم صفحه سمت راست) : سمت راست صفحه مختلط به علاوه محور موهومی .

LHP (نیم صفحه سمت چپ) : سمت چپ صفحه مختلط به علاوه محور موهومی .

RHP Pole (قطب های ناپایدار) : قطب های واقع در نیم صفحه سمت راست و یا روی محور

موهومی.

RHP Zero (صفرهای ناپایدار) : صفرهای واقع در نیم صفحه سمت راست .

ترانهاده ماتریس A را با A^T نشان می دهیم. مزدوج مختلط و ترانهاده شده ماتریس A را با A^H نشان می دهیم .

¹ . Perturbation

مراجع

[1] Sigurd, **Multivariable Feedback Control-Analysis and Design**, Second Edition, 2001.

[2] John, Bruce, Allen, **Feedback Control Theory**, Macmillan Publishing Co, 1990.

[3] Gary, John, Keith, Andy, Roy, **Matlab μ -Analysis and Synthesis Toolbox**, MUSYN Inc and MathWorks Inc, 2001.

[4] Gary, Richard, Andy, Michael, **Matlab Robust Control Toolbox**, MathWorks Inc, 2006.