

Considerazioni e suggerimenti per la stesura delle tesine di laboratorio

Luca Schenato
Email: schenato@dei.unipd.it
28 Gennaio 2006

1 Struttura della tesina

La tesina dovrebbe essere scritta in modo da dare una descrizione completa dell'esperienza di laboratorio. Quindi non deve includere solo i risultati ma una chiara, seppure concisa, descrizione di tutto l'apparato sperimentale e dei passi che hanno portato alla progettazione del controllore. Di seguito viene suggerita una traccia *facoltativa* dei capitoli/sezioni che la tesina deve includere. Questa traccia non deve essere seguita necessariamente alla lettera, ma è solo indicativa. La cosa importante è che la tesina risulti scorrevole e che non presenti ripetizioni. Per esempio può risultare più conveniente sovrapporre o accostare i grafici corrispondenti alla simulazione e alla verifica sperimentale e quindi Simulazioni e Verifica sperimentale possono essere sovrapposte.

1.1 Scopo

Breve descrizione dello scopo dell'esperienza e metodologia adottata (10 righe).

1.2 Descrizione apparato sperimentale

Descrizione sintetica dell'apparato sperimentale usato, HW e SW, in funzione della modellizzazione che verrà fatta in seguito. Non è necessario fornire i datasheet dell'apparecchiatura.

1.3 Modellizzazione

Descrizione della modellizzazione del sistema, cioè equazioni differenziali da controllare che deve includere anche attuatori, sensori ed eventuali non idealità. Vanno riportati i valori per i parametri di questo modello e specificare se sono stati ottenuti tramite datasheet, identificazione o altro. Tabelle in queste caso sono molto utili. Eventuali approssimazioni vanno motivate in modo chiaro. Per esempio nel caso del polo veloce del motore elettrico in catena aperta va confrontato con quello lento.

1.4 Progettazione e simulazione

In questa sezione devono venire indicate le linee guida seguite per la progettazione. Poichè non esiste un controllore ottimo, diversi criteri di ottimizzazioni possono essere seguiti e vanno quindi ben descritti e commentati. Simulazioni tramite Matlab/Simulink vanno inserite per una verifica che le specifiche richieste siano soddisfatte, almeno da un punto di vista teorico.

1.5 Verifica sperimentale

In questa sezione viene indicata come l'implementazione del controllo è stata ottenuta e i dati vanno confrontati con quelli teorici predetti. Eventuali differenze vanno descritte e devono essere data possibili spiegazioni. Se ritenuto opportuno, è possibile ritrarre in modo più accurato il controllore sia manualmente sull'apparecchiatura oppure riprogettando il controllore tenendo conto dell'esperienza avuta dai dati sperimentali.

1.6 Commenti e conclusioni

In questa sezione va riassunta l'esperienza descrivendo la metodologia di progettazione, i suoi vantaggi e i suoi limiti alla luce dei dati sperimentali. Eventuali differenze vanno descritte con cura e devono essere proposti possibili rimedi.

1.7 Appendice

In questa sezione vengono riportati tutte quelle parti che possono essere trascurati in una prima lettura. Per esempio derivazione delle funzioni di trasferimento, grafici di alcune simulazioni o esperimenti poco significativi, datasheet, etc ...

2 Considerazioni sulla stesura della relazione

La relazione dell'esperienza va fatta pensando di dover descrivere ad una persona che conosce controlli automatici (un vostro collega, un ingegnere, etc ..), ma che non conosce l'apparato sperimentale con le sue non idealità e che vorrebbe imparare come poter progettare dei controllori per apparati simili. Non è quindi necessario riscrivere un libro di Controlli Automatici, ma si devono motivare da un punto di vista logico le scelte progettuali. Per esempio, se si vuole errore a regime nullo, ci deve essere un polo nell'origine della funzione di trasferimento P del processo, oppure se non c'è, va aggiunto tramite un controllo di tipo integrale, etc ...

A volte vengono date delle specifiche quali tempo di salita e sovraelongazione. Può darsi che queste non possano essere garantite a causa di non idealità non considerate al momento della progettazione (saturazione degli attuatori, attrito del motore non lineare, etc ...). Il progettista deve quindi motivare le ragioni per i quali le specifiche non possono essere soddisfatte ed eventualmente proporre delle soluzioni, per esempio, cambiare attuatore, cambiare motore, utilizzare una struttura del controllore diversa, etc...

Un'altra cosa molto importante è essere concisi, ma sufficientemente esaustivi. Questi sono ovviamente due aspetti in opposizione fra loro, ed infatti il raggiungimento di un buon compromesso è una parte importante del voto della relazione. Eventuali dettagli che in prima lettura possono essere trascurati possono essere messi in una appendice alla fine della relazione (datasheet, foto apparato, etc..).

La prestazione del controllore NON E' la scopo di queste relazioni. Un progetto non viene valutato più positivamente rispetto ad un altro per il semplice motivo che ha un tempo di salita è inferiore del 50%. Apparecchiature diverse hanno prestazioni diverse infatti. Lo scopo di questo corso è

- imparare che esistono molte non idealità nei sistemi reali,
- cercare soluzioni, anche empiriche, per poter migliorare la prestazione del controllore
- essere in grado di produrre un documento che descrive a parole ciò che è stato fatto. E' fondamentale non solo ottenere dei buoni risultati, ma anche saperli comunicare ad altri.

Ci sono una serie di errori molto comuni che ho notato e che riporto qui in modo tale che possiate evitarli:

2.1 Errori concettuali comuni

1. **Spiegazione sbagliata di un fenomeno osservato:** Per esempio qualcuno aveva osservato una maggiore sovraelongazione nelle prove di laboratorio rispetto a quelle delle simulazioni. Tra le possibili ragioni erano stati chiamati in causa possibili attriti non modellizzati. Ovviamente l'attrito potrebbe portare eventualmente ad un rallentamento del sistema, proprio l'opposto di quello osservato. Questo è per me un errore grave, essendo un errore concettuale.
2. **Ragionamenti non logici:** Per esempio qualcuno aveva osservato l'instaurarsi di oscillazioni naturali una volta tolta l'azione D, cioè nel controllore PI additando come possibile ragione l'effetto destabilizzante di I. Nel grafico successivo veniva tolta anche l'azione I e si osservavano le stesse oscillazioni naturali. Dopo questa osservazione ci si dovrebbe rendere conto che non poteva essere solo l'azione I la responsabile dell'instabilità, e quindi la spiegazione precedente non poteva essere giusta. In questo caso è meglio scrivere che non se ne capisce il motivo che dare spiegazioni sbagliate.
3. **Mancanza di spiegazioni dei grafici e fenomeni controintuitivi.** Un errore comune che ho notato è che molti si limitano a descrivere ma non a spiegare i grafici. Per esempio ho letto spesso: aumentando K_p si osserva una sovraelongazione e diminuendo K_p si osserva un aumento del tempo di assestamento. Questo si vede anche dai grafici, quello che vorrei trovare scritto è anche la motivazione, del tipo "come ci si aspetta visto che un aumento di K_p aumenta la frequenza di taglio ma diminuisce il margine di fase". Un'altra cosa che spesso non ho visto è la spiegazione di fenomeni apparentemente controintuitivi. Per esempio aumentando K_i spesso sembrava ci fosse un errore a regime maggiore. Spesso veniva semplicemente rilevato ma non c'era un tentativo di spiegazione di questo paradosso.
4. **Mancanza di scorrevolezza:** Molte relazioni erano poco scorrevoli. Le motivazioni sono molteplici e difficili da individuare. Alcune di queste sono: eccessiva lunghezza della relazione, troppi grafici, grafici posizionati su una pagina e commento su un'altra, simulazioni in una sezione e dati sperimentali in un'altra, descrizioni prolisse e ripetitive, etc Sebbene questi errori presi separatamente siano legati alla forma più che al contenuto, fanno sì che tutta la relazione dia l'impressione di avere delle mancanze anche concettuali.
5. **Lunghezza della relazione.** Una relazione di 30-40 pagine, come mi è capitato di vedere, ovviamente contiene un sacco di ripetizioni o grafici poco significativi. Meglio mandare una relazione con qualcosa in meno ma scorrevole, che una relazione completa ma prolissa.
6. **Spiegazioni copiate dai libri.** Spesso mi veniva riportato come commento dei vari effetti quello che viene scritto su libri o appunti. Normalmente questo va bene, ma alcune volte capita che da un punto di vista pratico quegli effetti non si osservano oppure le cause sono differenti. In questo caso è importante far notare la diversità e cercare di dare una motivazione originale e personale dei fenomeni.

2.2 Errori formali comuni

1. **Troppi grafici.** Molti grafici potevano essere inseriti nella stessa figura, quali quelli con la variazione di K_p oppure con la variazione di r . Questo non solo riduceva il numero di pagine della relazione, ma rende più immediato il confronto visivo dell'effetto.
2. **Pochi grafici/foto esplicative.** Soprattutto nella parte della descrizione dell'apparato sperimentale e della modellizzazione l'aggiunta di figure, schemi o foto avrebbero aiutato molto nella comprensione. Una figura spesso è molto più intuitiva del testo e permette di scrivere meno dettagli nel testo.
3. **Mancanza delle equazioni della dinamica.** In molte relazioni non sono state messe le equazioni da cui si parte per ottenere le funzioni di trasferimento. E' importante mettere le equazioni iniziali, poi i passaggi sono facoltativi. Si possono mettere oppure no, ma la cosa importante è capire da dove si parte. Molti di voi hanno messo le equazioni della dinamica del

motore solo e poi magicamente erano presentate quelle con il modello equivalente. Per una persona esperta di motori questo può andare bene, ma per una persona che non sa esattamente cosa sia un motoriduttore non è così immediato. Bastava aggiungere una equazione con la dinamica del motoriduttore. Tutto qui.

4. **Divisione tra sezione simulazione e sperimentazione.** Questo comportava la ripetizione delle stesse spiegazioni e descrizioni dei grafici 2 volte. Ho trovato molto chiaro per esempio l'esposizione che mi hanno fatto alcuni accostando una di fianco all'altra le simulazioni simulink e quelle sperimentali.
5. **Grafici con figure poco chiare.** Dovuto all'accavallarsi di più grafici in cui il rumore sovrapponeva troppo le curve (vedi $u(t)$ nel caso di schede MULTI-Q) oppure a scale temporali di t troppo ampie. Basta mettere la parte del grafico rilevante, non serve vedere 5 secondi di simulazione a regime. Oppure basta fare uno zoom della parte rilevante.
6. **Grafici e testo su pagine diverse.** Ovviamente questo non è un errore in quanto tale, ma rende più difficile la lettura ed infastidisce chi legge.
7. **Linguaggio poco tecnico.** Frasi del tipo il motore da una bella botta non sono accettabili. Cercate inoltre di non scrivere in prima persona abbiamo osservato. Non è sbagliato ma non dà un'impressione professionale della relazione.