

Förstudierapport

TIF083C - Avancerad Elektrisk Mätteknik.
Våren 2025

Laborationsnamn: LabVIEW

Uppgiftsnummer: 7

Antal sidor (totalt): 10

Antal ord (totalt): 1565

Studentnamn: Carl Örnberg

KursID: Y29 Email: carlorn@chalmers.se

Studentnamn: Ludvig Hult

KursID: Y13 Email: ludvighu@chalmers.se

Information: gör uppgift 3,4 & 5:

Förstudieinlämning :2025-01-31

Förstudiesamtal :2025-02-04

Laboration :2025-02-06

Sammandrag

En vattentank med utflöde och återkoppling via en vattenpump ska i denna laboration regleras. Vidare ska vattenhöjden, som funktion av tiden efter att pumpen stängts av plottas av en penplotter. Därefter ska formen på en okänd cylindersymmetrisk kropp bestämmas. Till alla uppgifter används labVIEW-kod (grafiskt programmeringsspråk) för att göra mätningar och reglera system. Den hårdvara som regleras är ett nätaggregat som styr pumpen, en tryckgivare som mäter höjden och en penplotter. Programmen för reglering av vattentanken och styrning av penplottern är baserad på grundläggande funktioner i labVIEW. Bestämningen av formen av den okända cylindersymmetriska kroppen görs utan återkoppling i systemet och bygger på kontinuitetsekvationen och Bernoullis princip.

Innehåll

1	Introduktion	4
2	Teori/funktionsbeskrivning	4
2.1	Betyg-3-uppgift	4
2.2	Betyg-4-uppgift	4
2.3	Betyg-5-uppgift	5
3	Metod	5
3.1	Försöksuppställning	5
3.1.1	Betyg-3-uppgift	5
3.1.2	Betyg-4-uppgift	6
3.1.3	Betyg-5-uppgift	6
3.2	Utförande	6
3.2.1	Betyg-3-uppgift	6
3.2.2	Betyg-4-uppgift	7
3.2.3	Betyg-5-uppgift	8
4	Förväntade resultat	8
4.0.1	Betyg-3-uppgift	8
4.0.2	Betyg-4-uppgift	8
4.0.3	Betyg-5-uppgift	8
5	Diskussion	8
5.0.1	Betyg-3-uppgift	9
5.0.2	Betyg-4-uppgift	9
5.0.3	Betyg-5-uppgift	9
6	Referenser	9

1 Introduktion

LabVIEW är en grafisk programmeringsmiljö som används inom mät- och styrsystem för att hantera signaler, styra instrument och analysera data i realtid. Genom dess visuella programmeringsmiljö med blockdiagram och frontpaneler kan användare enkelt skapa system för datainsamling, signalbehandling och automatiserad styrning. LabVIEW används inom en mängd olika områden, från industriella processer till forskning och utveckling.

Mot bakgrunden av detta ämnar denna studie undersöka hur en vattenbehållares vattennivå kan mätas och styras med hjälp av labVIEW. Mer konkret undersöks först om det är möjligt att automatisera ett system som släpper ut vatten ur vattenbehållaren till en reservoar och sedan pumpar in vatten i vattenbehållaren när nivån understiger ett minimumvärde, tills vattennivån har överstigit ett maxvärde, varefter pumpen stängs av igen. Därefter ska vattennivåns förändring med tiden försöka plottas med hjälp av en penplotter (av modell HP 7475A) med labVIEW. Slutligen ska insidan av en vattenbehållare bestämmas genom att mäta hur vattennivån förändras med tiden.

2 Teori/funktionsbeskrivning

2.1 Betyg-3-uppgift

För att styra vattennivån i en behållare mäts den aktuella vattennivån kontinuerligt vid olika tidpunkter med hjälp av en tryckgivare. Tryckgivaren ger en spänning u_m som är proportionell mot vattennivån h_v . Första mätuppgiften är därför att skatta proportionalitetskonstanten k [V/m] enligt

$$k = \frac{u_m}{h_v}. \quad (1)$$

2.2 Betyg-4-uppgift

Innan storskaliga skrivare med mer modern teknologi togs fram användes penplotters ofta för grafisk produktion och diagram. Den penplotter som används i denna studie är HP 7475A och togs fram 1983. En penplotter för en penna över ett papper inte helt olikt hur en människa ritar, men med högre hastighet och precision. Tekniken är mycket lik den som används i en modern 3D-skrivare. Penplottern programmeras framförallt med koordinatliknande kommandon som t.ex. 'PD500,500', som ber penplottern föra ner pennan mot pappret och sen dra ett streck från nuvarande position till koordinaten (500,500). För mer information se [1].

2.3 Betyg-5-uppgift

För att beskriva vattenflöde mellan två ändar på ett vertikalt rör, kan kontinuitets-ekvationen och Bernoullis ekvation

$$A_1 v_1 = A_2 v_2, \quad (2)$$

$$P_0 + \frac{\rho_v v_1^2}{2} + \rho_v g h = P_0 + \frac{\rho_v v_2^2}{2} \quad (3)$$

användas. A_1 och A_2 är areor som fluid passerar genom, v_1 och v_2 är fluidens hastighet vid dessa areor, P_0 är trycket vid jordytan, h är skillnaden i höjd mellan A_1 och A_2 och ρ_v är trycket vid vattenytan [2]. Om dessa två ekvationer kombineras och en cylindersymmetrisk kropp behandlas (dvs $A_1 = r_1^2 \pi$) ges

$$r_1 = \sqrt{\frac{A_2 \sqrt{v_1^2 + 2gh}}{\pi v_1}}. \quad (4)$$

Denna ekvation kan sedan användas för att bestämma en radie på kroppen vid en specifik höjd på vattennivån. Vid höjden h_n kan också v_1 approximeras med Eulers metod, om en konstant samplingsfrekvens $f_s = 1/\Delta t$ används blir slutliga ekvationen

$$r_1 = \sqrt{\frac{A_2 \sqrt{(\frac{h_n - h_{n+1}}{\Delta t})^2 + 2gh_n}}{\pi \frac{h_n - h_{n+1}}{\Delta t}}}. \quad (5)$$

3 Metod

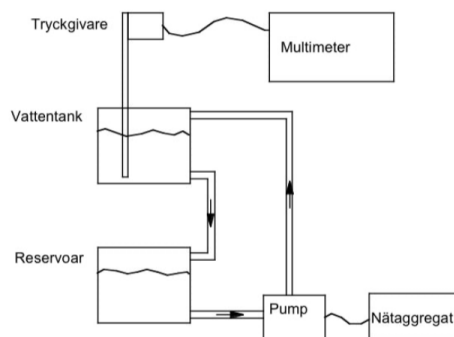
Laborationen bedöms inte vara särskilt riskfylld för varken laboranter eller utrustning, men det bör hållas uppsikt över dyr utrustning.

3.1 Försöksuppställning

Alla deluppgifter av denna laboration kommer att bestå av ungefär samma grunduppställning visad i figur 1. Mer konkreta beskrivningar finns under underrubrikerna.

3.1.1 Betyg-3-uppgift

För att genomföra denna laboration krävs en uppställning där en vattentank är kopplad till en reservoar via ett utlopp, medan en pump används för att återföra vatten från reservoaren till tanken. Pumpen drivs av ett GPIB-styrt nätaggregat, Agilent 3640A, vilket möjliggör extern styrning. För att mäta vattennivån används en tryckgivare, vars utsignal är en spänning proportionell mot vätskenivån, se ekvation 1. Denna spänning registreras av en multimeter, Agilent 34401A. Både multimetern och pumpen kan kommunicera med labVIEW via



Figur 1: Den givna grunduppställningen. Tryckgivaren ger en spänning till en multimeter Agilent 3640A och pumpen styrs av ett nätaggregat, Agilent 3640A.

GPIO-gränssnittet [3]. Således behövs även GPIO-kablar för att koppla samman hårdvaran med mjukvaran. Figur 1 visar denna uppställning.

3.1.2 Betyg-4-uppgift

Samma grunduppställning som under 3.1.1, men pumpen kopplas ur systemet. Därutöver behövs även en penplotter HP 7475A, som kopplas till datorns seriella kommunikationsport med en färdig kabel.

3.1.3 Betyg-5-uppgift

Samma utrustning som ovan under 3.1.2, men vattentanken byts ut mot en okänd cylindersymmetrisk kropp.

3.2 Utförande

3.2.1 Betyg-3-uppgift

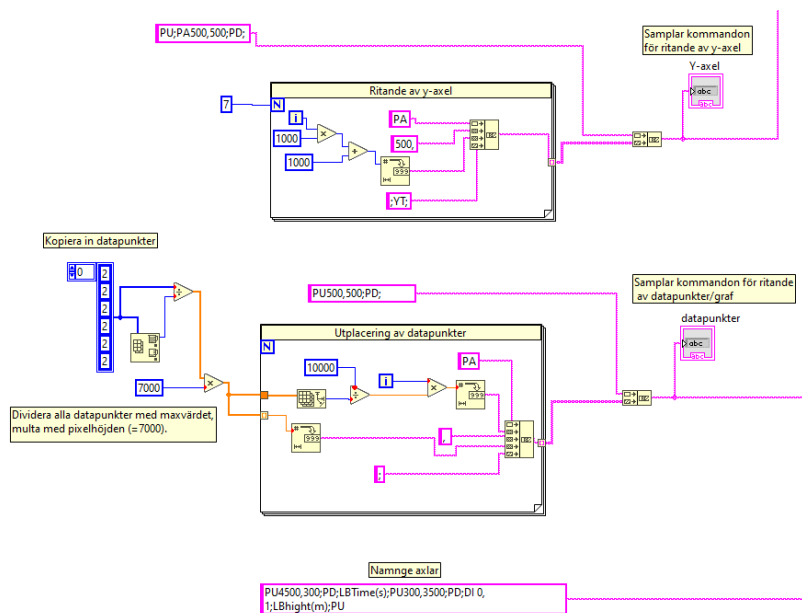
Inledningsvis kommer vattentankens utloppsrör att täckas och 8 olika volymer av vatten, förmodligen mellan 0,1-1 liter. Därefter kommer h mätas och u_m noteras. Notera att detta även kan göras med instrumentpanelen på multimetern, men ovan förfogande ger möjligheten att testa grundläggande labVIEW-kod i filen 'upg3_proportionalitetskonstant', som finns länkat i appendix. Konstanten kommer sedan att bestämmas genom ekvation 1 och approximeras med minsta kvadratmetoden.

Därefter kommer reservoaren anslutas och pumpen kopplas in. Vidare, ställer användaren in maximum och minimum nivå på tanken i labVIEW-programmet 'upg3_pumpstyrare', se appendix. Därefter påbörjas en while-loop inom vilken spänningen mäts med multimetern och omvandlas till vattennivå med den bestämda proportionalitetskonstanten. While-loopen har en väntetid som användaren specificerar. Den uppmätta vattennivån jämförs med tillåtna max och

minvärdet. Vattnet kommer kontinuerligt rinna ut ur tanken och när vattennivån understiger den specificerade miniminivån signalerar labVIEW-programmet till pumpen som sätts på. Denna förblir sedan på till labVIEW-programmet detekterar en vattennivå över den specificerade maxnivån. Då stängs pumpen av. Slutligen kan programmet och while-loopen närsomhelst stoppas av användare. Då signalerar programmet till pumpen att stängas av innan programmet avslutas.

3.2.2 Betyg-4-uppgift

Inledningsvis fylls tanken med vatten. Därefter, medan vattnet flödar ut ur tanken, mäts vattennivån med en tryckgivare med lämpligt samplingsintervall, nu satt till 0,1 s. Detta görs i labVIEW-programmet 'upg4,5_datainsamling'. Den uppmätta spänningen i tryckgivaren omvandlas till höjd på vattennivån i tanken med hjälp av proportionalitetskonstanten från uppgift 3. Datapunkterna (vattennivå som funktion av tiden) plottas sedan av pen plottern 'HP 7475A' med hjälp av labVIEW-programmet 'upg4_penplotter'. Koderna som krävs för att anropa och initiera penplottern är given, koden som krävs för att rita grafen består huvudsakligen av tre for-loopar. En ritax x-axeln och delar upp den i tio intervall, en gör liknande för y-axeln men då i sju intervall. Slutligen ritas den sista for-loopen ut datapunkterna och sammanbinder dem med raka streck, se figur 2. Utöver dessa tre loopar infogas kommandon för att bland annat lyfta eller föra ner pennan.



Figur 2: Visar delar av labVIEW-kod i 'upg4_penplotter' som genererar kommandon till penplottern att rita ena koordinataxeln samt själva grafen.

3.2.3 Betyg-5-uppgift

En insats med samma yttre radie som tankens insida men med en okänd, inre, cylindersymmetrisk form placeras i tanken. Därefter fylls reservoaren med vatten. Slutligen låts vattnet flöda ut ur tanken likt i uppgift 4 och vattennivån i tanken mäts med lämpligt samplingsintervall som funktion av tiden med samma labVIEW-program som i uppgift 4 ('upg4,5_datainsamling'). Detta samplingsintervallet bör vara litet så att resultatet, det vill säga skissen av insatsens inre form, får tillräckligt hög upplösning.

Antagligen kommer vattnet i tanken att skvalpa lite, något som här förmodas ske med en högre frekvens än vattennivåns förändring i tanken. Därför filtreras den erhållna datan i ett lågpass Butterworth-filter för att minimera påverkan av skvalpandet. I en for-loop i labVIEW-programmet 'upg5_undersökstruktur' genomförs Euler-bakåt metoden för att ta fram beloppet av förändringshastigheten av vattennivån. Både den filtrerade datan och förändringshastigheterna används i ytterligare en for-loop där radien av vattentankens insida som funktion av höjden bestäms med hjälp av ekvation 5. Denna data kan sedan användas för att skissa insatsens inre, från början okända form.

4 Förväntade resultat

4.0.1 Betyg-3-uppgift

En proportionalitetskonstant enligt ekvation 1 förväntas tas fram. Att på förhand uppskatta ett värde är ej möjligt. Reglersystemet för vattentanken förväntas att fungera men det är möjligt att felsökning kommer behöva göras då labVIEW-koden ej har testats.

4.0.2 Betyg-4-uppgift

En dataserie med höjd som funktion av tiden förväntas tas fram. Därefter förväntas penplottern kunna plotta ut denna dataserie på ett papper. Vattenhöjden bör avta med tiden.

4.0.3 Betyg-5-uppgift

Att på förhand försöka uppskatta formen av den okända insatsen i reservoaren är ej givande. Dock bör ingen radie vara på den okända instansen vara större än vattentankens.

5 Diskussion

Det finns ingen möjlighet att innan laborationstillfället testa hur labVIEW-koden interagerar med laborationsutrustningen. Det finns ett syfte och en plan med koden i labVIEW men felsökningar kommer med största sannolikhet behöva göras.

5.0.1 Betyg-3-uppgift

Denna uppgift bör vara ganska trivial med den plan som tagits fram, det kommer vara viktigt att få en bra skattning av proportionalitetskonstanten k i ekvation 1. Vidare är det oklart hur uppställningen i figur 1 ska implementeras i praktiken, det vill säga hur tryckgivare ska kopplas till multimetern och hur pumpen och nätaggregatet är kopplat.

5.0.2 Betyg-4-uppgift

Utan tidigare praktisk erfarenhet har vi liten insikt i hur enkel denna uppgift kommer att vara att utföra. Om uppgift 3 genomförs väl bör datainsamlingen inte innebära några svårigheter. Det kan inte annat än antas att det givna skalet till programmet interagerar väl med penplottern. Slutligen är det rimligt att anta de kommandon som signaleras till penplottern kommer behöva redigeras något, då arbetsprocesser och programmering av denna typ oftast innehåller ett stort mått av praktiskt provande och felsökande.

5.0.3 Betyg-5-uppgift

Det är svårt att på förhand uttala sig säkert om vilken gränsfrekvens som bör användas i lågpasfiltret, flera olika kommer behöva testas. Detsamma gäller samplingsfrekvensen. Det fundamentala är att höjden bör minska efter varje mätning, vilket motiverar en något lägre samplingsfrekvens, uppskattningsvis 30 Hertz. Därefter bör höjden avta långsamt då A_2 planeras väljas liten, vilket motiverar en låg gränsfrekvens i lågpasfiltret, nu satt till 5 Hertz. Baserat på våra undersökningar kommer filtret förstärka låga frekvensen med ett och ingen korrektion kommer behövas efter filtret.

6 Referenser

- [1] Hewlett-Packard. Hp 7475a interfacing and programming manual. Hämtad: 2025-01-28. URL: <https://ia803104.us.archive.org/23/items/HP7475AInterfacingandProgrammingManual/HP7475AInterfacingandProgrammingManual.pdf>.
- [2] Lana Sheridan. Fluids fluid dynamics. De Anza College, 2020. URL: <http://nebula2.deanza.edu/~lanasheridan/4C/Phys4C-Lecture3-san.pdf>.
- [3] Agilent Technologies. Agilent 34401a 6 $\frac{1}{2}$ digit multimeter user's guide. Hämtad: 2025-01-28. URL: http://instructor.physics.lsa.umich.edu/adv-labs/Tools_Resources/HP%2034401A%20user%27s%20guide.pdf.

Appendix

LabVIEW-filer

Här finns en länk till alla labVIEW-filer som planeras användas under laborationen: labVIEW. Se tabell 1 för beskrivning.

Filnamn	Beskrivning
upg3_proportionalitetskonstant	Mäter proportionalitetskonstanten.
upg3_pumpstyrare	Filen ska styra systemet i uppgift 3.
upg4,5_datainsamling	Samla in data med höjder i uppgift 4 och 5.
upg4_penplotter	Algoritmen som ska plotta datapunkterna med höjder i penplottern.
upg5_undersökstruktur	Algoritmen som beräknar radien på det okända föremålet vid en viss höjd.

Tabell 1: Beskriver översiktligt vilka filer kommer användas i laborationen och vad ändamålet är med dem.