P O L I T E C H N I K A Ł Ó D Z K A INSTYTUT ELEKTROENERGETYKI

ZAKŁAD ELEKTROWNI

LABORATORIUM POMIARÓW I AUTOMATYKI

W ELEKTROWNIACH

REGULACJA POZIOMU WODY

INSTRUKCJA DO ĆWICZENIA LABORATORYJNEGO

ŁÓDŹ 2012

1. CEL ĆWICZENIA

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z układami automatycznej regulacji (UAR) z wykorzystaniem sterownika PLC (*Programmable Logic Controller*) PCD1 swajcarskiej firmy SAIA-BURGESS. Jako obiekt regulacji wykorzystane jest stanowisko laboratoryjne, w którym sterując wydajnością jednej z dwóch pomp, można regulować poziom wody w górnym zbiorniku. Dobierając nastawy regulatora PID, który jest zaimplementowany w sterowniku, można zaobserwować ich wpływ na jakość regulacji. Do wizualizacji i archiwizacji pomiarów oraz pracy UAR wykorzystany jest program typu SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) PRO-2000 polskiej firmy MikroB S.A.

UWAGA:

Przed przystąpieniem do ćwiczenia należy zapoznać się z materiałami uzupełniającymi: "UKŁADY AUTOMATYCZNEJ REGULACJI".

2. STANOWISKO LABORATORYJNE

Na rys. 2.1 umieszczono uproszczony schemat stanowiska laboratoryjnego, jako obiektu automatycznej regulacji poziomu wody w zbiorniku, stanowiący uproszczony model regulacji poziomu wody w walczaku kotła energetycznego.



Rys. 2.1. Uproszczony schemat stanowiska laboratoryjnego

Dla obserwacji pracy UAR są realizowane 3 pomiary:

- strumień masy wody tłoczonej przez pompę P1 ("pompa wody zasilającej") kryza pomiarowa K1;
- strumień masy wody tłoczonej przez pompę P2 ("turbina") kryza pomiarowa K2;
- poziom wody w górnym zbiorniku H.

Zawór Z1 na tłoczeniu pompy P1, o regulowanej wydajności, powinien być całkowicie otwarty, natomiast zaworem Z2 na tłoczeniu pompy P2 będą wprowadzane zakłócenia w pracy układu.

3. URUCHOMIENIE STANOWISKA LABORATORYJNEGO

Przed uruchomieniem stanowiska laboratoryjnego należy obejrzeć obiekt: zbiorniki, pompy, instalacje rurociągową, aparaturę kontrolno-pomiarową, a następnie w pierwszej kolejności sprawdzić, czy poszczególne zawory kulowe są we właściwych położeniach (całkowicie zamknięty lub całkowicie otwory) umożliwiających realizację przepływu wody zgodnej z rys. 3.1.

3.1. Uruchomienie oprogramowania PRO-2000

Po uruchomieniu komputera (bez hasła) otwieramy znajdujący się na Pulpicie katalog "Regulacja Poziomu". W katalogu tym jest sześć aplikacje (rys. 3.1), które należy uruchomić w odpowiedniej kolejności.



Rys. 3.1. Zawartość foldera "Regulacja Poziomu"

3.1.1. Uruchomienie PRO-2000

Z folderu "Regulacja Poziomu" uruchamiamy aplikację "Start PRO-2000". Włączenie tej aplikacji trwa kilkanaście sekund, a jako uruchomioną można ją uznać po wystartowaniu wszystkich 20 procesów (rys. 3.2).

FK0-2000	
atystyka	
Start systemu 🗌	2010-09-21 09:30:05
Czas pracy	0:00:12
Liczba procesów 🗍	20 Wystartowało 20
16	
	<u>Minimalizuj</u>
	<u>Minimalizuj</u>

Rys. 3.2. Uruchomienie PRO-2000

Aplikacja PRO-200 umożliwia komunikację między komputerem a sterownikiem.

3.1.2. Uruchomienie synoptyki

Z folderu "Regulacja Poziom	" uruchamiamy aplikację	"Synoptyki" (rys. 3.3).
-----------------------------	-------------------------	-------------------------

			/ !	, , , , , , ,	
🕎 Synoptyki PRO-2000					-D×
Synoptyka Nawigacja Widok C	Opcje Okn	io Pomoc			
		Wybierz synoptykę		<u>? × </u>	
		Stacja 1 - regulator O1 Synoptyka nr 1 O2 Surestyka nr 2			
		oz. Synopiyka ni z			
			ОК	Anuluj	

Rys. 3.3. Wybór synoptyki

Wybieramy synoptykę nr 2. Aplikacja ta jest wizualizacją stanowiska pomiarowego rys. 3.4.



Rys 3.4. Wizualizacja stanowiska pomiarowego: Synoptyka nr 2

W lewej części ekranu można zauważyć: dwa zbiorniki z wodą, pompy, zawory aktualne przepływy wody oraz poziomy wody: aktualny i zadany. Po prawej stronie synoptyki znajduje się cyfrowe odwzorowanie analogowych sygnałów prądowych z przetworników przepływów i poziomu. U dołu ekranu widzimy dwa okna 'TRYB PRACY POMY' oraz 'STEROWANIE POMPA'. Pompa ma 3 tryby pracy 'otwórz' kiedy pompa przyspiesza 'zamknij' kiedy pompa zwalnia oraz 'stop' kiedy zatrzymuje się na zadanych obrotach. 'TRYB PRACY POMPY' ma dwa położenia 'auto' kiedy pompa jest sterowana przez sterownik oraz 'ręka' kiedy operator steruje prędkością obrotową pompy korzystając z odpowiednich przycisków i.

Jeżeli okna pomiarowe mają kolor różowy oznacza to wystąpienie błędu. Objaśnienia poszczególnych błędów w Tabeli 3.1.

Kod błędu	Тур	Opis
9999	W	wartość "pusta" (po starcie systemu)
9998	W	wartość niewiarygodna (przekroczony zakres wiarygodności
		wartości punktu)
9997	W	dzielenie przez zero
9996		wartość godzinowa nieokreślona (za mało poprawnych składników
		"chwilowych" w wartości godzinowej)
9995	W	brak kontaktu z węzłem sieci (stacją danych)
9994	W	stacja danych poza stanem PRACA
9993	W	brak kontaktu ze stacją obiektową (dla punktów wyliczanych w stacji
		obiektowej)
9992	W	punkt nieaktywny
9990		brak wartości w archiwum
8999	М	wartość pusta (po starcie systemu)
8998	М	wartość fizyczna pomiaru niewiarygodna
8997	М	wartość prądu niewiarygodna
8993	Μ	brak kontaktu ze stacją obiektową
8992	Μ	punkt nieaktywny
8991	М	błąd sprzętowy w stacji obiektowej

Tabela 1 Błędy systemu PRO-2000

3.1.3. Uruchomienie oprogramowania tworzącego wykresy "Wykresy LIVE".

Z folderu "Regulacja poziomu" uruchamiamy "Wykresy LIVE", a następnie "Plik/Nowy wykres…" (rys. 3.5).

Wykresy LIVE PR	RO-2000		
k Widok Wykres	Punkt Opcje	Okno Pomoc	
Nowy wykres	Ctrl+N		
Otwórz	Ctrl+O		
Zapisz wykres			
Zapisz jako			
Drukuj wykres	Ctrl+P		
Drukuj wartości			
Ustawienia strony			
Zakończ	Alt+F4		

Rys 3.5. Nowe wykresy chwilowe

Otworzy się okno, z możliwymi do wyboru kolorami, a po wyborze koloru okno z listą punktów, które można przypisać do wybranego koloru (rys. 3.6).



Rys. 3.6. Lista punktów do przedstawienia na wykresach

Do wizualizacji zmian w czasie wybieramy cztery wielkości, przypisując im kolory:

- kolor niebieski Przepływ_1_0002 "przepływ wody zasilającej";
- kolor czerwony Przepływ_2_0003 "przepływ pary do turbiny";
- kolor zielony Poziom_0001 "poziom wody w walczaku";
- kolor fioletowy Poziom_zad_0004 "wartość zadana poziomu wody w walczaku".

Po zakończeniu wyboru punktów (rys. 3.7) i jago zatwierdzeniu, wyświetli się okno z wykresem (rys. 3.7).

odanie/Usunięcie punktów			2
Stacja danych:			
1 regulator (lokalna)	-	Interwał: 5 [s] 🗾
Lista punktów na wykresie:			
0003 Analogowy P Pr 0001 Analogowy P Pr	zepływ_2_0003 oziom_0001 Pozior	Przepływ_2_1 n_0001	0003
0002 Analogowy P Pr 0004 Analogowy R pc	zepływ_1_0002 pziom_zad0004	Przepływ_1_ poziom_zad.	0002 0004
<u>O</u> K Anuluj	<u>G</u> rupa punkl	:ów	Wyczyść listę
Lista pomocnicza	0	irupy technologic	zne

Rys. 3.7. Lista wybranych punktów

Widok Wykres	Punkt Opcje	Okr		<u>+</u>							
tacja 1: regulato	or 5 [s]										
00.00%									-	100.00%	
75.00%										75.00%	
50.00%					_					50.00%	
25.00%									_	25.00%	
0.00%										0.00%	
0.00% 09:40:06 05-04-2012	09:42	2:06		09:4	44:06	C	9:46:06		09:48:	0.00%	
%	0/0003	[4.00;	20.01		%	0/0001	I	4.00;	20.0	
mA	0/0002	[4.00;	20.0		mm	0/0004	1	4.00;	20.01	

Rys 3.8. Wykres LIVE

Aby wyróżnić (pogrubić) wybrany wykres należy kliknąć na odpowiedni prostokąt u dołu ekranu. Można również m.in. zmienić skale wyróżnionych wykresów wybierając z paska narzędzi przycisk "Stała skala".

W podobny sposób można również tworzyć "Wykresy Chwilowe" (rys. 3.1) o znacznie dłuższym czasie obserwacji.

3.1.4. Archiwizacja wykresów

W celu szczegółowej analizy zobrazowanych podczas badań wykresów należy je zapamiętać w odpowiednich zbiorach tekstowych. W tym celu po wybraniu "Plik/Zapisz jako..." pokaże się okno do tworzenia zbioru, rys. 3.9.



Rys. 3.9. Zapisywanie wykresu w zbiorze tekstowym

W uprzednio utworzonym katalogu, np.: "pom_02_04" (*"pomiary 2 kwietnia*") można wykres, który jest widoczny w oknie, zapamiętać w zbiorze "pom1.txt" (*"pomiar 1*"). Zawartość początku przykładowego zbiory:

04-12-2011 0	9:49:00						MIKROB	S.A
	reg	ulator:	wartoś	ci chwi	lowe			
Początek: 04	-12-2011 09:4	0:12			Ko	niec: 04-12-2	2011 09:56:12	
Zakres warto	ści punktów:	skala p	unktu.					
1. 1/000	3 Przepływ_2	0003	90		4.00		20.00	
2. 1/000	1 Poziom 0001	 L %		4.00		20.0	0	
3. 1/000	2 Przepływ_1	0002	mA		4.00		20.00	
4. 1/000	4 poziom_zad	0004	mm		4.00		20.00	
Jednostka: 1	0							
1	2 3	4						
04-12-2011	09:40:12	15.25		14.47		14.92	14.00	
09:40:22	15.25		14.37		14.92	14.0	0	
09:40:32	14.84		14.26		15.23	14.0	0	
09:40:42	14.84		14.18		15.23	14.0	0	
09:40:52	14.84		14.16		15.23	14.0	0	
09:41:02	14.84		14.12		15.23	14.0	0	
09:41:12	14.84		13.94		15.23	14.0	0	
09:41:22	14.84		13.96		15.23	14.0	0	
09:41:32	15.16		13.96		15.66	14.0	0	

Podobnie można archiwizować wykresy tworzone w programie "Wykresy Chwilowe", z tą różnicą, że utworzony zbiór będzie zawierał wykresy o znacznie dłuższym czasie obserwacji, ale z reguły o również dłuższym czasie próbkowania.

3.2. Uruchomienie oprogramowania sterownika

Z folderu "Regulacja Poziomu" uruchamiamy aplikację "Project Manager", a następnie wybieramy: Project "regulator_poziomu": 1 CPU(s)\regulator_poziomu-PCD1 Station 1\Program Files\main.fub (rys. 3.10).



Rys. 3.10. Uruchomienie oprogramowania sterownika

Po uruchomieniu "main.fup" (podwójne kliknięcie), otworzy się, znajdujące się na komputerze oprogramowanie, które wcześniej było załadowane do sterownika. Jeżeli z paska narzędzi wybierzemy (1 – rys. 3.11) zostanie nawiązanie łączność ze sterownikiem. W oknie nawigacji (prawa strona ekranu) należy wybrać "Page 2: regulator krokowy" (2 – rys. 3.11), a następnie dwukrotne kliknięcie komponentu (FBox) "PID" (3 – rys. 3.11) otworzy okno edycji nastaw regulatora PID (4 – rys. 3.11).

Przy doborze nastaw regulatora należy zmieniać 3 nastawy:

- Factor P przeskalowany współczynnik proporcjonalności Xp:
- Factor I przeskalowany czas zdwojenia (całkowania) Ti:
- Factor D przeskalowany czas wyprzedzenia (różniczkowania) Td:

gdzie: T0 - okres próbkowania (*Sampling Rate*), T0 = 5s.

 $\mathbf{Fp} = \left(\frac{1}{\mathbf{Xp}}\right) \times \mathbf{256}$

 $Fi = \left(\frac{T0}{Ti}\right) \times 256$

 $\mathbf{Fd} = \left(\frac{\mathbf{Td}}{\mathbf{T0}}\right) \times \mathbf{256}$

File Edit View Project Online Mode	u] - [main.fup] * Block Page Symbols Help			1			_ @ ×	
	(📲 🕼 🕂 🕁 🛤 💧 🎯 🖼 🜀	Sym 123	& E I &	B 👁	● :: ◆ □ •	> Q, Q, Q, Q, Q,		
FBox Selector Image: Construction of the second of the	Poziom Poziom A A/B A A/B A A/B PID.swj. PID.swj. auto_r 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	297 Div A A/B BA%B 74 WS 3 255 0 255 0 255 0 En Out In Div A A/B BA%B 74 255 En Out In Div En Out In Div En Out In In Div BA%B BA%B BA%B BA%B BA%B BA%B BA%B BA%			74	regulator_PID.spr. regulator_PID.wyj. regulator_PID.bla. regulator_PID.pol. regulator_PID.pol. regulator_PID.pol.	ator_PID_spr Page Navigator Image 1 ator_PID_spr Page 1: pro ator_PID_woj Page 1: pro ator_PID_woj Page 3: sterowanie ator_PID_bla Page 4: histereza	
User Ladder	Sampling rate [sec]	> 5,0			1 1024	4	I I I I	
Group/Symbol Group/Symbol Finan Finan	Factor I Factor D Dead Range Bit Resolution	> 0 > 0 > 0 > 8 bits			0 0 0 8 bits			
🗞 🔣 System 🕵 Global 📙 main								
Ready 29 Start 🞯 🥭 📀 💾 🗀 Regu	Block: FB r lacja Poz 🕵 Wykresy LIVE 🕥 54	egulator_krok IA Project	owy Page	: regula la E	ator_krokowy 2/4 [58:	x5-]75% COMPILE RE	QUIRED RUN	

Rys. 3.11. Wprowadzanie zmian nastaw regulatora PID zaimplementowanego w sterowniku

Po wpisaniu w oknach edycyjnych nastaw regulatora można je przepisać do sterownika wybierając ">", bez uprzedniej kompilacji oprogramowania.

Należy pamiętać aby przed zmianą nastaw w sterowniku przełączyć "TRYB PRACY POMPY" z "auto" na "ręka" (rys. 3.4), a po zmianie nastaw przełączyć "TRYB PRACY POMPY" z "ręka" na "auto". Czynności te, dla uniknięcia długotrwałych stanów przejściowych (obieg astatyczny), powinno przeprowadzić się jak najszybciej.

Rozpoczynając ćwiczenie, należy jako nastawy regulatora wczytać:

- Fp = 1024 (Xp = 0,25),
- Fi = 0 (Ti = ∞),
- Fd = 0 (Td = 0).

Będą to nastawy takie jak dla regulatora proporcjonalnego o współczynniku wzmocnienia Kp = 4 (Xp = 25%).

3.3. Uruchomienie modelu fizycznego

Po uruchomieniu oprogramowania (rozdz. 3.1 i 3.2) należy w odpowiedniej kolejności uruchomić model fizyczny (rys. 2.1):

- 1. Włączenie zasilania na tablicy rozdzielczej. Powinny zaświecić się diody na zasilaczach: przekaźników, sterownika oraz wyświetlacze cyfrowe.
- Załączyć pompę P1 (pompa lewa "pompa wody zasilającej") wyłącznikiem z prawej strony pulpitu. Na wyświetlaczu cyfrowym nad wyłącznikiem powinna wyświetlić się wartość strumienia masy ok. 1,8 kg/s.
- Po ok. 20 s, gdy w górnym zbiorniku będzie wystarczająco dużo wody (ok. (17-18)cm ok. 10 mA), można załączyć pompę P2 (pompa prawa "turbina") wyłącznikiem z lewej strony pulpitu. Na wyświetlaczu cyfrowym nad wyłącznikiem powinna wyświetlić się wartość strumienia masy ok. 1,8 kg/s.
- 4. Wykorzystując zawory pięciodrogowe należy odpowietrzyć instalację do pomiaru strumieni masy: "wody zasilającej" (pompa P1) oraz "pary" (pompa P2).
- 5. Zaworem kulowym na tłoczeniu pompy P2 należy zdławić przepływ do ok. 1,6 kg/s. Zapewni to możliwość swobodnego doregulowania przepływu pompy P1, dla uzyskania stałej wartości poziomu wody w górnym zbiorniku.
- 6. Obserwując zmiany poziomu oraz przepływów na ekranie monitora ("Wykresy LIVE", rozdz. 3.1.3), należy odczekać kilka minut, aż regulowany poziom w górnym zbiorniku ustali się.

4. PRZEBIEG ĆWICZENIA

Podczas ćwiczenia należy jedną ze wskazanych przez prowadzącego zajęcia laboratoryjne metod dobrać nastawy regulatora PID. W szczególności należy zaobserwować wpływ poszczególnych nastaw regulatora na jakość regulacji, ocenianej na podstawie zmian regulowanego poziomu (uchybu regulacji) jak i pracy urządzeń wykonawczych: falownika i pompy wody zasilającej.

W celu oceny jakości regulacji należy zakłócać pracę UAR wprowadzając zmiany "przepływu pary" zaworem regulacyjnym (zawór wieloobrotowy) na tłoczeniu pompy P2, kolejno zmniejszając przepływ z ~1,6 kg/s na ~1,4 kg/s, a następnie po zmianie nastaw regulatora PID (rys. 3.11) zwiększając przepływ z ~1,4 kg/s na ~1,6 kg/s.

Każdy z cykli obserwacji: od wprowadzenia zakłócenia (zmiana "przepływu pary" – pompa P2) do ustalenia się poziomu wody w górnym zbiorniku, powinien być archiwizowany (rozdz. 3.1.4) – "Wykresy LIVE" w postaci pojedynczych ekranów oraz "Wykresy CHWILOWE" pod koniec zajęć. Po zakończonych zajęciach należy skopiować zapisane pliki, a następnie po odpowiedniej obróbce, w postaci czytelnych wykresów, z krótkimi komentarzami umieścić w sprawozdaniu z ćwiczenia laboratoryjnego.

Na zakończenie ćwiczenia należy:

- Zamknąć programy związane z PRO-2000: "Synoptyki", "Wykresy LIVE", "Wykresy CHWILOWE" oraz "Zatrzymaj PRO-2000" (rys. 3.2) wywołując 2010 na pasku narzędzi (prawy dolny róg ekranu).
- 2. Przerwać komunikację ze sterownikiem wybierając 🌆 z paska narzędzi (1 rys. 3.11).
- 3. Zamknąć oprogramowanie sterownika: "SAIA Fupla Editor" oraz "SAIA Project Menager" nie zapamiętując zmian.
- 4. Wyłączyć pompę P1 wyłącznikiem z prawej strony pulpitu.
- 5. Wyłączyć pompę P2 wyłącznikiem z lewej strony pulpitu.
- 6. Wyłączyć zasilanie na tablicy rozdzielczej.
- 7. Częściowo przymknięte zawory całkowicie otworzyć.

5. SPRAWOZDANIE Z ĆWICZENIA

W sprawozdaniu z ćwiczenia należy umieścić:

- 1. Cel ćwiczenia.
- 2. Opis przebiegu ćwiczenia ilustrowany odpowiednio sformatowanymi, czytelnymi wykresami, z krótkim komentarzem.
- 3. Uwagi i wnioski zawierające wybór najlepszych nastaw regulatora PID oraz uzasadnienie tego wyboru.