

Project Work “Pumped Tank” svolto dallo studente De Lisi

Rev. 1.0 del 7.04.09

NB:

a differenza della traccia originaria del *Project Work*, si riportano entrambi i casi di studio, con variazione nel *controller output* a rampa limitata, di un valore “a piacere” sia “a scendere” sia “a salire”.

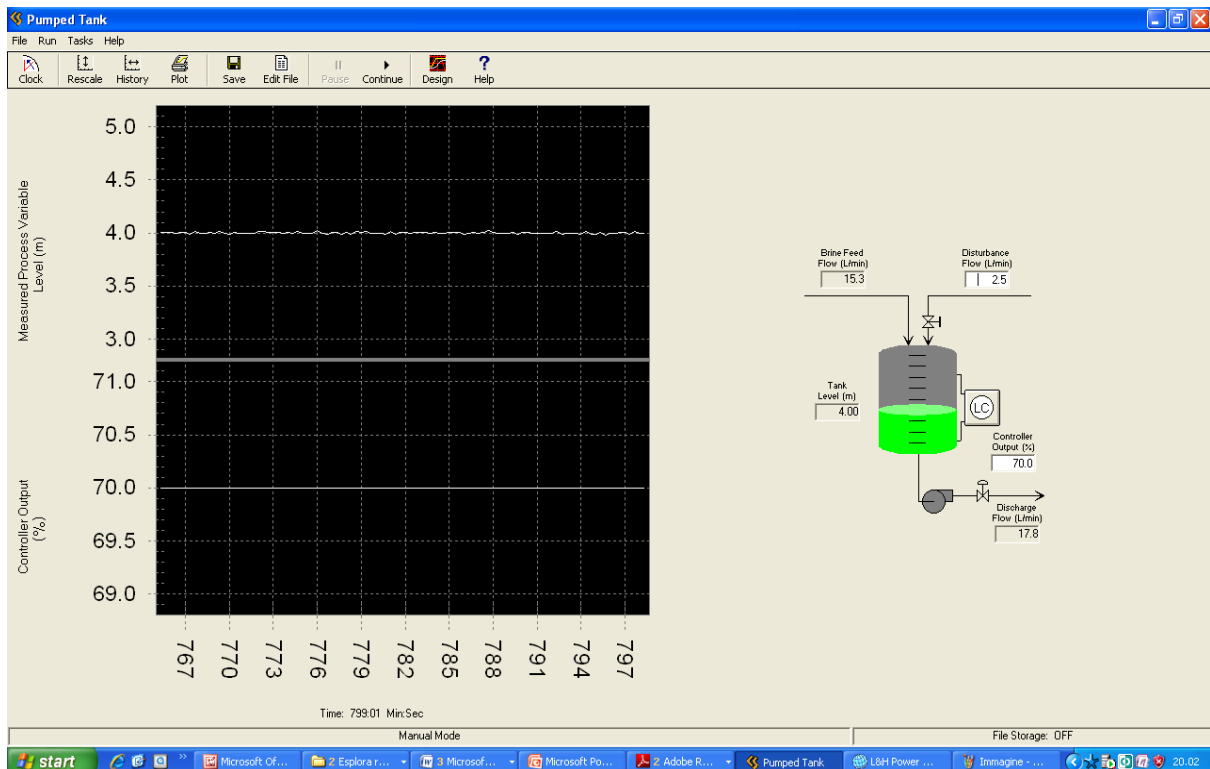
(Per avere una rampa “a scendere”, il valore di *Ramp Rate* deve essere impostato come negativo.)

SERBATOIO CON POMPA DI PRELIEVO

- 1) simula la risposta dinamica “ad anello aperto” a seguito di una variazione nel *controller output* a **rampa limitata**, di un valore “a piacere” “a scendere” e “a salire”.
- 2) effettua il *tuning* ottimale per un controllore PID ideale
- 3) passa ad “anello chiuso” ed, a partire da uno stato stazionario, simula la risposta dinamica a seguito di una variazione nel *set point* a **rampa limitata**, di un valore “a piacere” “a scendere” e “a salire”.
- 4) fai il confronto con la precedente risposta “ad anello aperto” e commentala

SVOLGIMENTO.

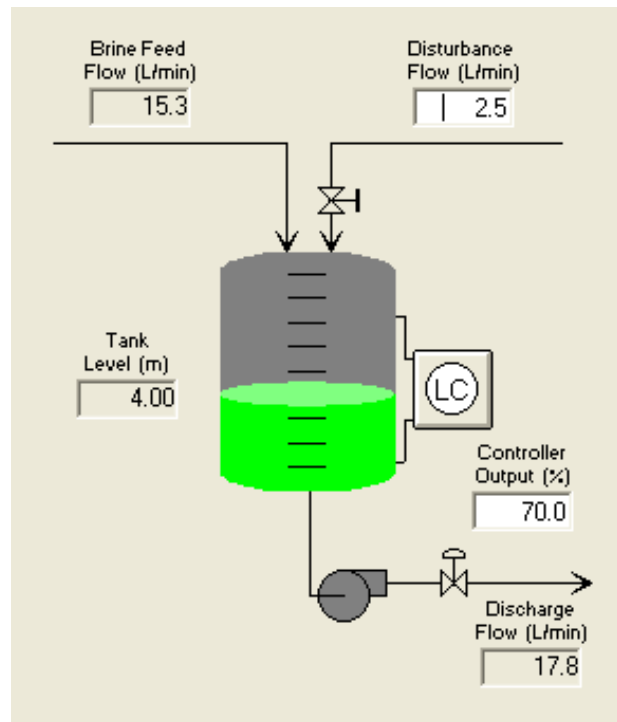
Lo studio del serbatoio con pompa di prelievo può essere eseguito aprendo la finestra **Case Studies**, del programma **LOOP-PRO TRAINER - CONTROL STATION**, e selezionando **Pumped Tank**. Quindi la finestra che appare è la seguente:



Ingrandendo sul serbatoio:

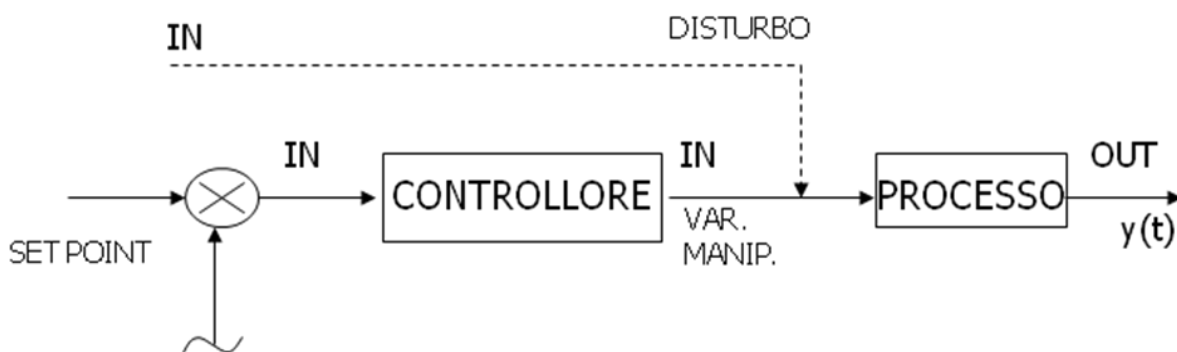
Modalità manuale.

Una variazione nel controller output consente di variare la portata in uscita attraverso una valvola con servomotore pneumatico a membrana e quindi di far variare il livello nel serbatoio.



Lo studio della dinamica ad anello aperto è caratterizzato dalla disposizione del controllore in modalità manuale, e pertanto esso è caratterizzato dalla necessità di intervenire manualmente sul controller output.

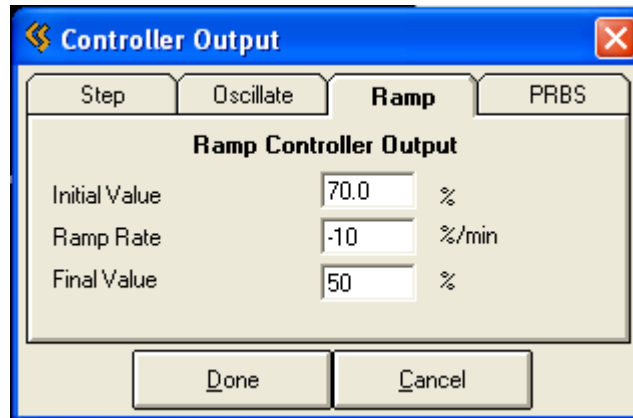
Lo schema per un open loop è il seguente:



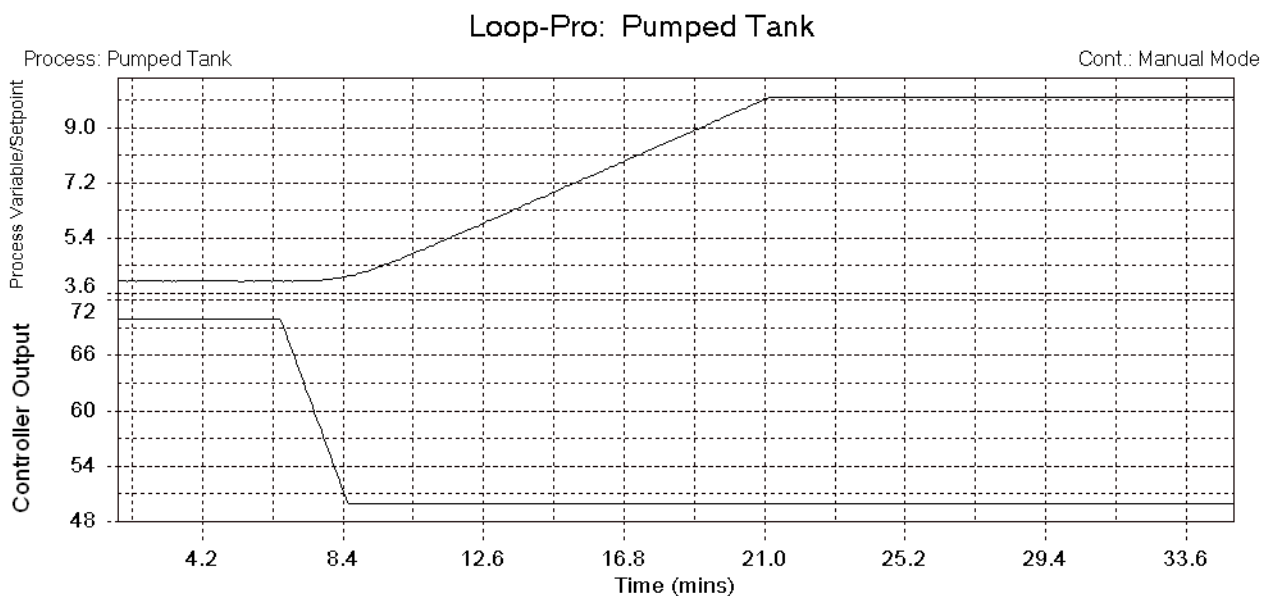
1) OPEN LOOP: RAMPA LIMITATA A SCENDERE.

Si va a modificare il controller output come richiesto, secondo una rampa limitata "a scendere", tenendo conto del fatto che per la sua realizzazione

bisogna porre un valore negativo al parametro Ramp Rate. La finestra riporta i valori impostati:



A seguito di questa variazione a rampa nel controller output, si può osservare il seguente grafico:



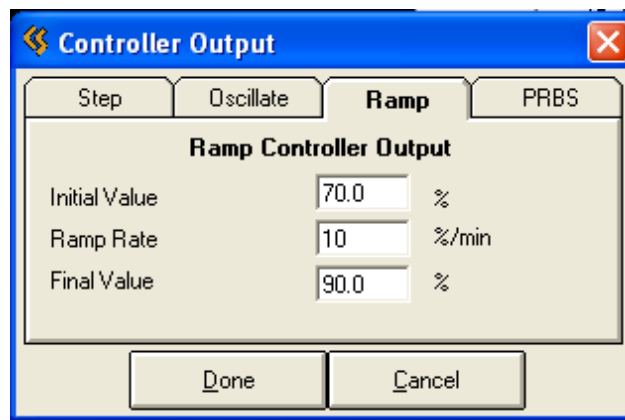
Dopo l'applicazione della rampa limitata a scendere, si può osservare nella variabile di processo (livello del serbatoio, che parte da uno stato stazionario di 4 m), in primis, un tempo morto di circa 1.8 min ($t_d = t_{ystart} - t_{uramp}$). Esso è definito, infatti, come il ritardo temporale tra una variazione osservata sulla variabile in ingresso e l'inizio dell'osservazione degli effetti sulla variabile in uscita.

Successivamente, a seguito del nuovo valore raggiunto del controller output, che riduce la variabile manipolata, cioè la portata in uscita dal serbatoio, il livello, considerando l'invarianza dell'alimentazione e del disturbo, aumenta

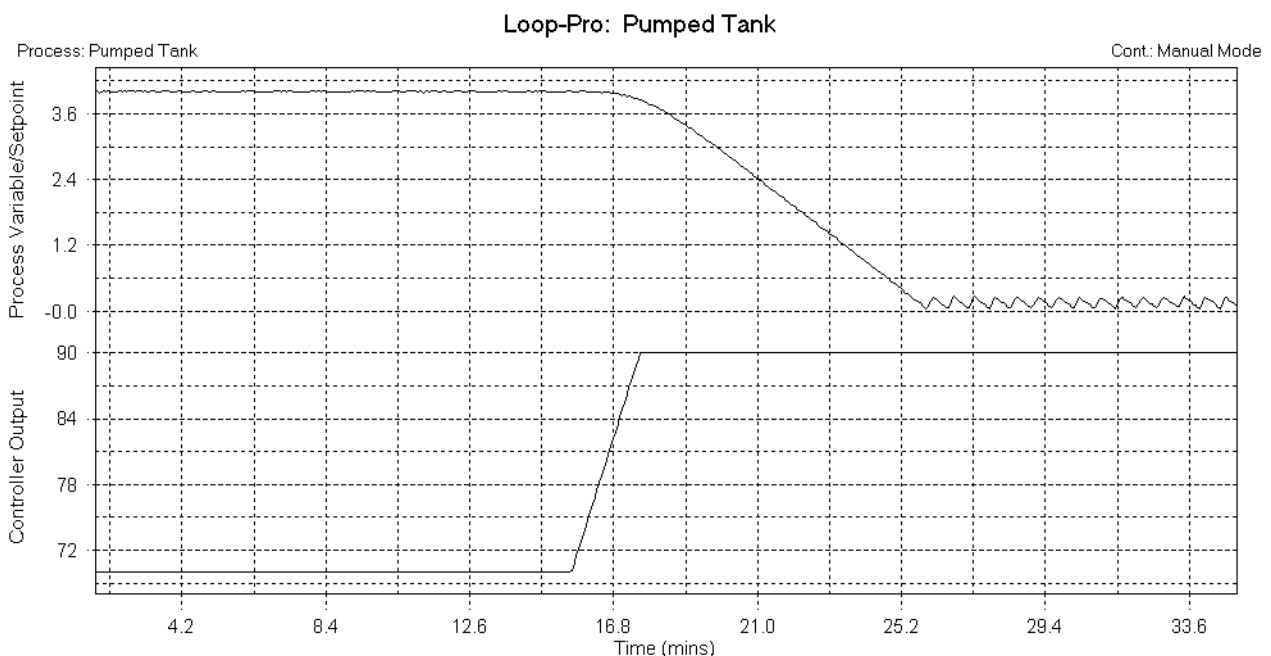
con una curva monotona crescente in maniera apparentemente lineare. Esso si stabilizza su un valore fittizio stazionario che corrisponde al massimo livello fisicamente possibile, ovvero al riempimento completo del serbatoio (10 m). Ciò però non deve far pensare che il sistema sia convergente, anzi in teoria, il livello salirebbe all'infinito se il serbatoio fosse infinito.

OPEN LOOP: RAMPA LIMITATA A SALIRE.

Si imposta il controller output in modo da realizzare una rampa limitata a salire:



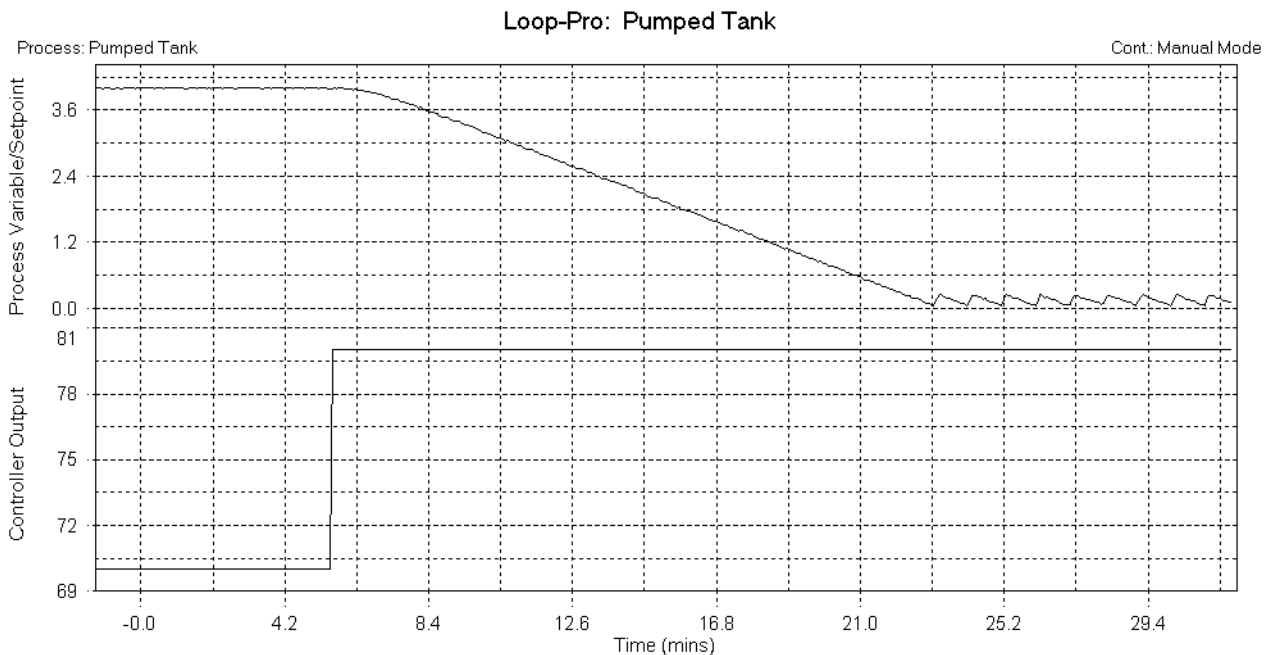
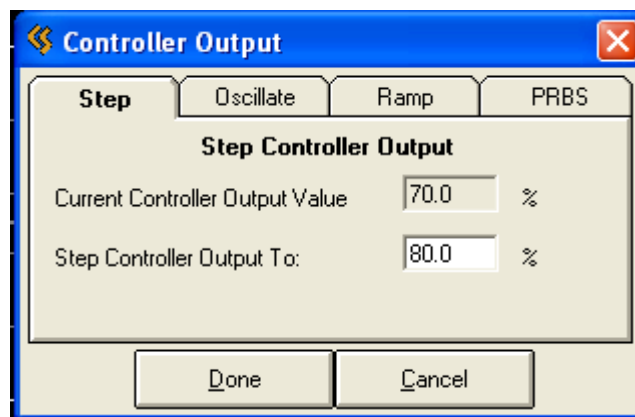
Quindi il grafico che si ottiene:



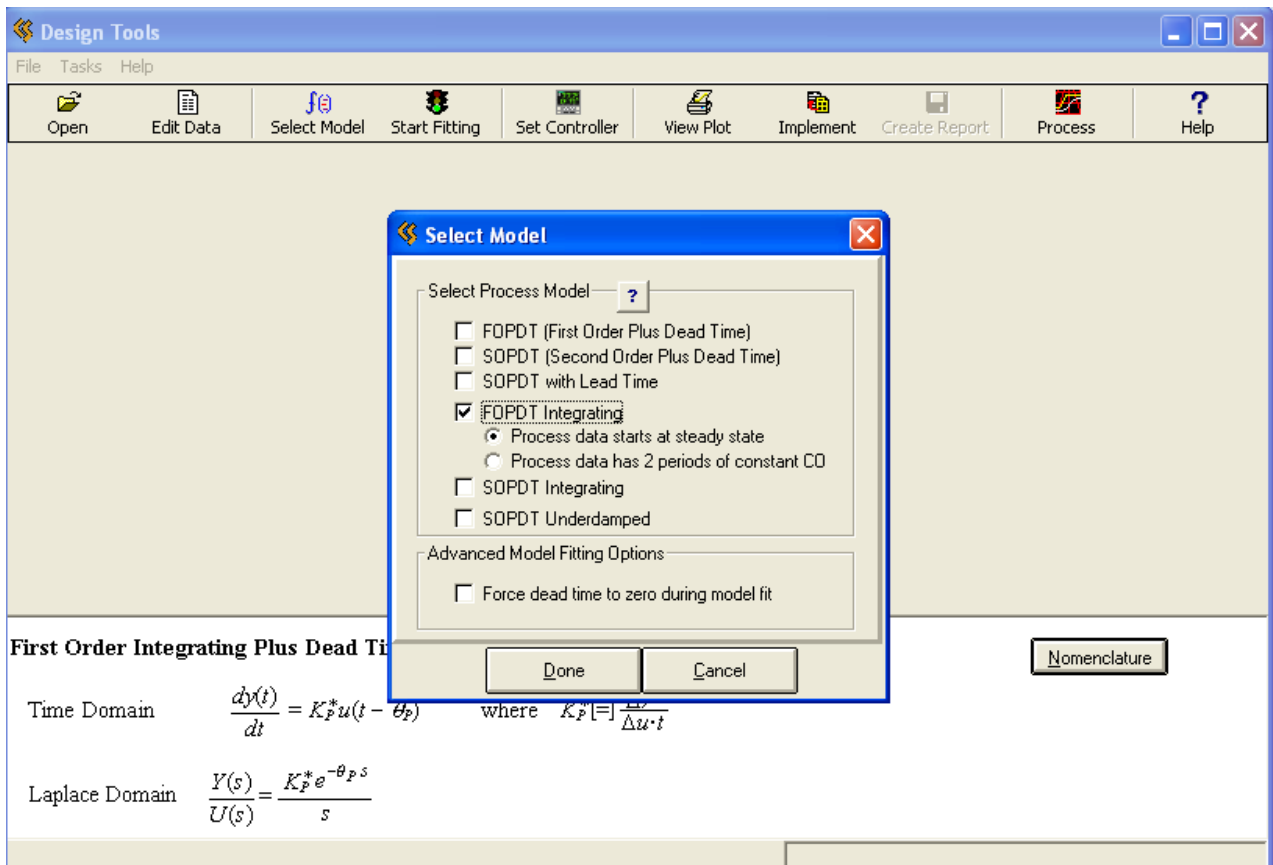
Conseguentemente l'applicazione della rampa a salire al controller output (dal 70% al 90% con un ramp rate del 10%); il serbatoio si svuota. Anche in

questo caso si nota un ritardo di trasporto di circa 1min. La curva rappresentante il livello nel serbatoio è una curva monotona decrescente, pressoché lineare, che parte da uno stato stazionario di 4m fino a terminare a 0m. Tuttavia il comportamento asintotico lascia intravedere una tendenza a scendere verso $-\infty$, cioè una tendenza continua a decrescere. Ma trattandosi di un serbatoio, il suo livello non può che tendere a zero. Le irregolarità terminali della curva sono dovute al rumore, alle oscillazioni che si registrano quando il serbatoio si è svuotato.

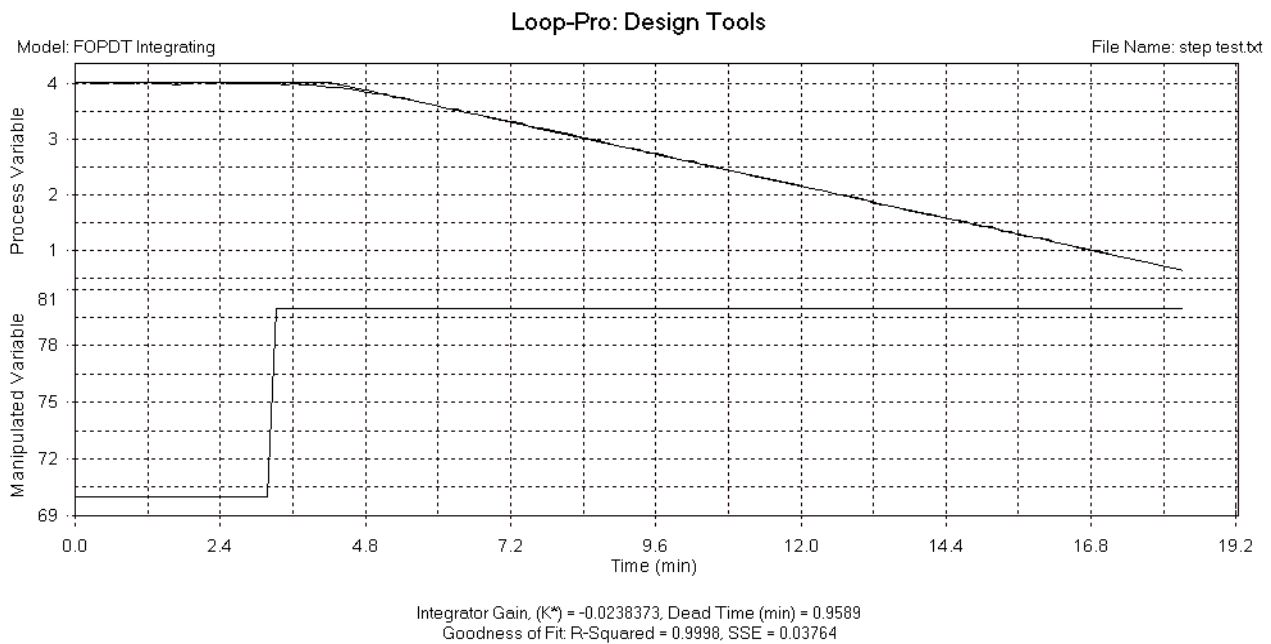
2) Si avvia la registrazione dei dati e si determina una variazione a gradino nel Controller Output, per eseguire lo Step Test:



Il sistema è puramente capacitivo: ad un ingresso limitato corrisponde una risposta non limitata (sistema non autoregolante). Per cui il livello del serbatoio non raggiunge un nuovo valore di stato stazionario, teoricamente tende continuamente a decrescere, ed in virtù di questo non è possibile applicare la procedura per la determinazione di un modello del tipo **FOPDT**. In questo caso, pertanto, il modello di fitting da selezionare è del tipo **FOPDT Integrating**.



Quindi, con i dati salvati, utilizzando il modulo **Design Tools** (finestra riportata sopra), dopo aver selezionato il modello di approssimazione appropriato (**FOPDT Integrating**) mediante il tasto **Select Model**, il programma calcola la curva che rappresenta meglio il processo (trovando il minimo tra tutti gli SSE) e i parametri del processo.



Gain (K) = -0.0238373 [m/%]

Dead Time (θ_P) = 0.9589 [min]

Noti i parametri del processo, selezionato il controllore PID Ideal, il software determina i parametri del controllore prescelto con le formule IMC.

Model Parameters		PID Response		Dependent, Ideal PID				
Integrator Gain, K*	-0.0238							
Dead Time, θ (min)	0.959							
Goodness of Fit (R ²)	1.000							
				IMC Tuning Correlation				
				K _C	τ_I (min)	τ_D (min)		
				-43.7	7.02	0.447		
				-18.5	7.02	0.449		
				-23.9	7.50	0.449	0.635	
				-20.3	7.50	0.449		
				Closed Loop Time Constant $\tau_c = $ <input style="width: 50px;" type="text" value="3.03"/> [min]				

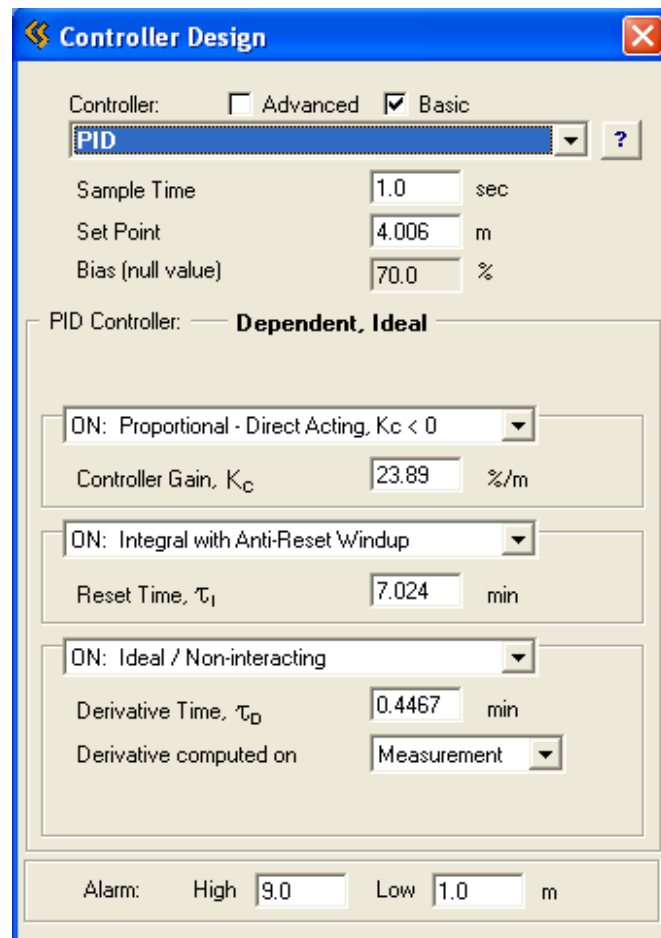
Nel caso di Moderate Tuning, i parametri ottimali del controllore sono:

Gain (K_C) = -23.9 [%/m] (controllore ad azione diretta, processo ad azione inversa)

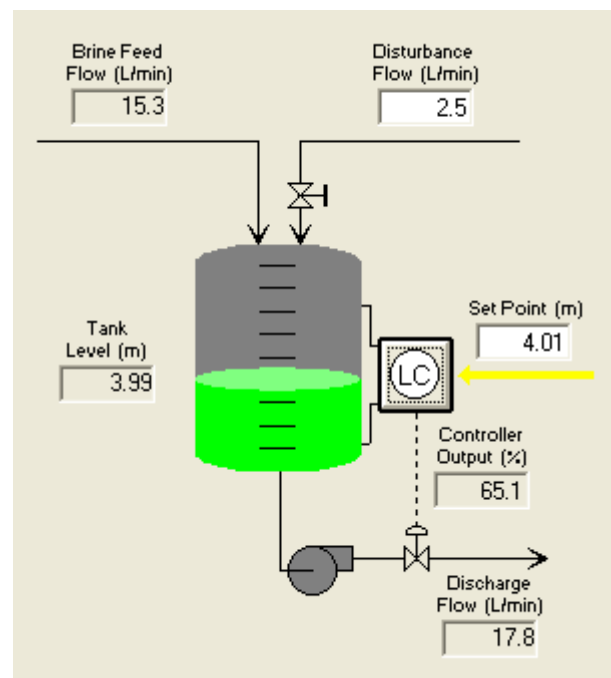
Reset Time (τ_I) = 7.02 [min]

Derivative Time (τ_D) = 0.447 [min]

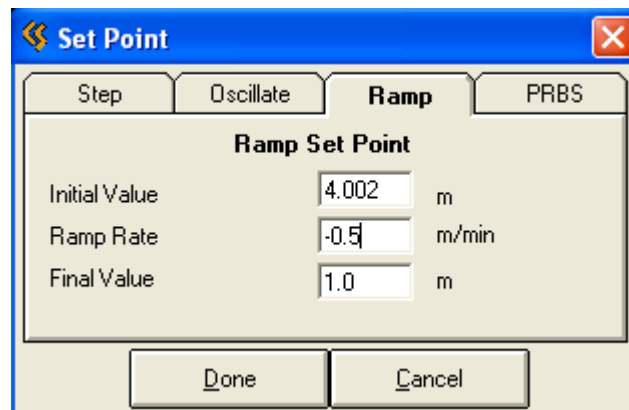
3) Si riporta il sistema nelle condizioni iniziali e si implementano i parametri del controllore PID ottimali trovati, passando alla configurazione ad anello chiuso.



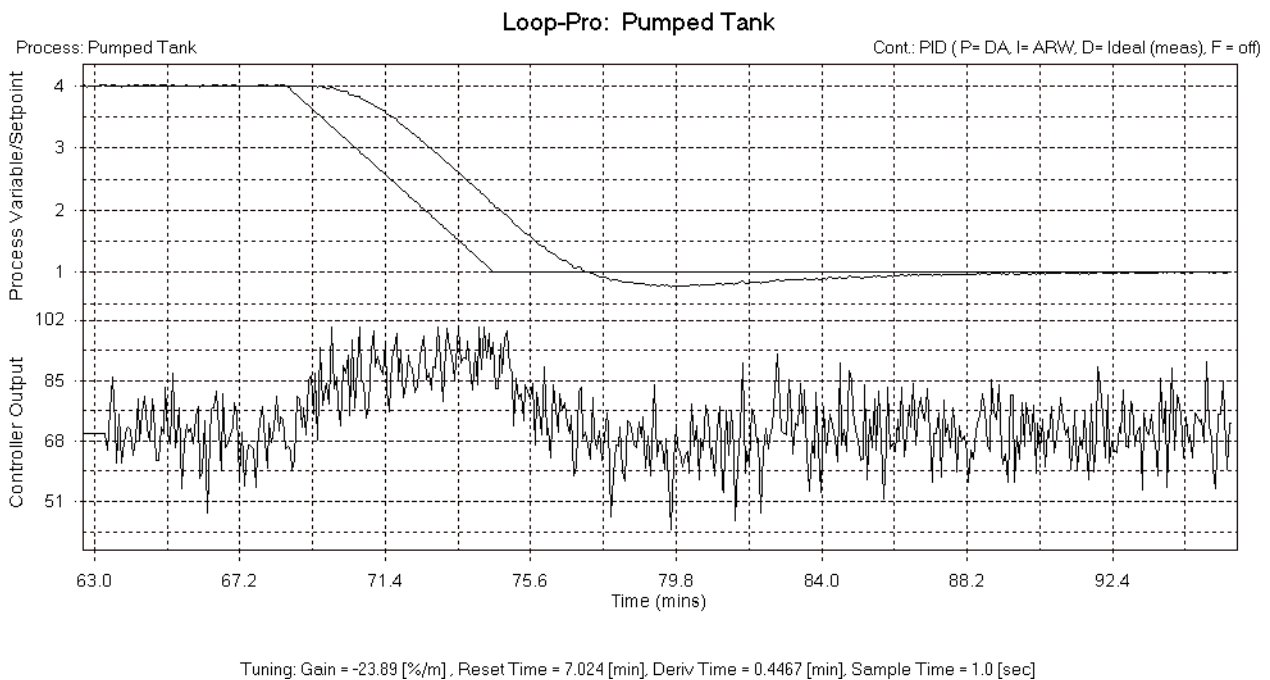
Modalità automatica.



Si determina una variazione nel set point a **rampa limitata** “a scendere” .

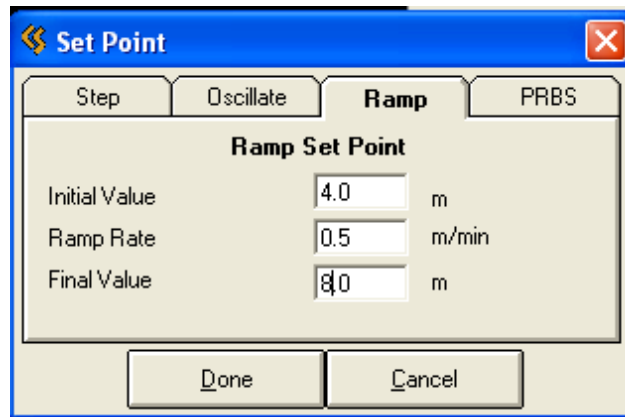


Per cui si registra:

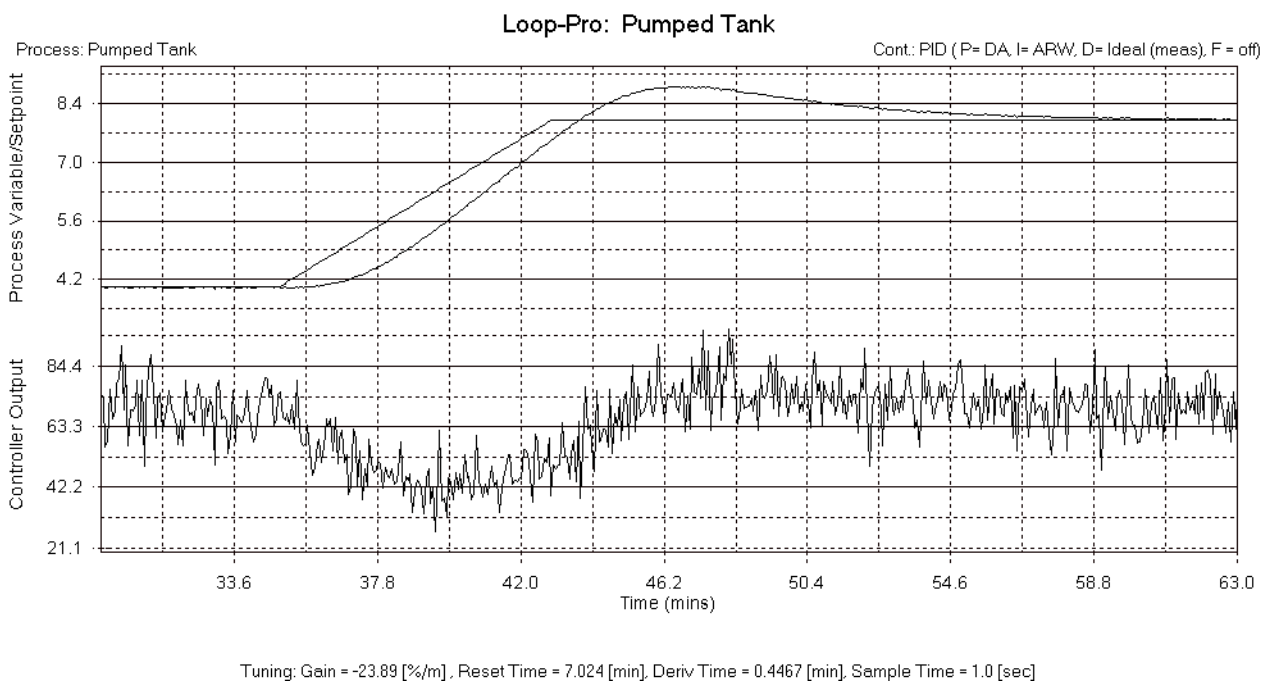


Il livello del serbatoio decresce fino al di sotto di 1m per poi raggiungere il valore di set point finale, grazie all'azione diretta del controllore il quale agisce sull'elemento finale di controllo (valvola con servomotore) e quindi sulla portata in uscita determinandone prima un incremento e poi stabilizzandola secondo il nuovo valore di set point.

Si determina una variazione nel set point a **rampa limitata** “a salire” .



Per cui si registra:



Quest' ultimo caso e praticamente opposto al primo: si determina un incremento nel set point per cui il controller output decresce conseguentemente per poi ristabilirsi.

In entrambi i casi si evidenzia un andamento irregolare nel controller output, dovuto all'azione derivativa del controllore PID che è molto sensibile al rumore.

4) Nel caso della risposta dinamica ad anello aperto si ha la possibilità di determinare manualmente il controller output. A seguito di ciò si osserva una variazione nella variabile di processo crescente e decrescente per una rampa limitata a scendere e a salire rispettivamente. In entrambi i casi il

comportamento asintotico è divergente, ma trattandosi di un serbatoio non si può andare oltre il riempimento e lo svuotamento totale.

Nel caso del controllo ad anello chiuso il valore del controller output sarà determinato dal controllore a seconda del set point fissato. Per cui mediante il controllore si può regolare la variabile di processo sulla base di un set point. Il livello del serbatoio mostra l'andamento di una curva che cresce o decresce, a seconda che la rampa limitata nel set point sia a salire o a scendere rispettivamente, e non presenta più di un'oscillazione prima di stabilizzarsi sul valore prefissato. Il controllore PID, infatti, elimina l'offset e rende il controllo più accurato, mentre è particolarmente sensibile al rumore, determina un ritardo nella risposta (tempo di integrazione) e l'allungamento del tempo di oscillazione.