

CONTROLLO FUZZY IN TEMPO REALE DEL PROCESSO DI CHIARIFLOCCULAZIONE

D. Daddi*, E. Giusti**, S. Marsili-Libelli**, L. Rossi***

Sommario – Il dosaggio del flocculante riveste un'importanza primaria nei processi di chiariflocculazione, che a loro volta rappresentano il passaggio più importante del trattamento di potabilizzazione. È ben nota la difficoltà di ottenere una torbidità costante in uscita dal sistema di chiariflocculazione, che migliora il rendimento dei successivi stadi di lavorazione, come pure l'importanza di risparmiare flocculante rispetto al dosaggio manuale, spesso approssimativo per eccesso. Questo lavoro descrive lo sviluppo e la verifica di un sistema di controllo automatico del dosaggio, basato sui principi dell'intelligenza artificiale, in particolare sulla logica fuzzy. Per prima cosa è stato sviluppato un modello del processo di chiariflocculazione mediante Pulsator™, basato sulle caratteristiche dell'acqua grezza, rilevate presso la stazione di potabilizzazione dell'Anconella, Firenze, gestita da Publicacqua SpA. Questo modello è stato poi utilizzato per la progettazione di un regolatore del dosaggio formato da due blocchi sinergici: un regolatore "in avanti" che determina la maggior quota del flocculante, ed un altro "in retroazione" che raffina l'uscita del primo in funzione delle variabilità di breve periodo delle condizioni operative. Il sistema di automazione è stato valutato in simulazione, essendo al momento impossibile il collegamento diretto fra il sistema di controllo e l'impianto. Perciò si è utilizzato il modello come sostituto di quest'ultimo. I risultati di simulazione hanno mostrato che il sistema è in grado di mantenere la torbidità in uscita al valore desiderato, riducendo mediamente il consumo di flocculante fino al 35% nelle condizioni di funzionamento ordinarie, mentre si osserva un lieve aumento del consumo limitatamente agli episodi di torbida.

REAL-TIME FUZZY CONTROL OF THE CLARIFICATION PROCESS

Summary – Coagulant dosing is a key factor in successful production of drinking water from surface natural water. Further, limiting the fluctuations of clarified water turbidity is essential for the efficiency of the whole potabilization process. This paper describes the development of a real-time fuzzy controller for the correct dosing of coagulant in a Pulsator™ clarification process. First a full process model was developed, based on the input-output process data from the main potabilization plant of the city of Florence, operated by Publicacqua SpA. The model, based on fuzzy principles, produces output turbidity estimates, based on real-time data of the raw water and manual dosing. The model is composed of two instances, one for normal operation, with raw turbidity up to about 200 FTU, and one for flood events, with turbidity reaching a high value of 2000 FTU or more. The complete model is obtained by patching the output of the individual

models, depending on the raw water turbidity. Once the model was validated with the experimental data, it was used to design a feedforward/feedback controller for the coagulant dosing. This controller was tested against the previous model, given the impossibility of connecting the control system directly to the plant dosing system. Both normal and flood periods were considered and the controller succeeded in maintaining the output turbidity at the prescribed set-point value. The coagulant consumption was significantly lowered during normal operation (up to a 35% saving on a monthly basis) whereas there was a limited increase during the flood event.

Parole chiave: logica fuzzy, controllo fuzzy, automazione, controllo di processo, chiariflocculazione, potabilizzazione.

Keywords: fuzzy logic, fuzzy control, automation, process control, clarification, potabilization.

1. INTRODUZIONE

Il comportamento prevalentemente torrentizio del fiume Arno, con piene invernali e primaverili seguite da periodi estivi di magra, rende molto variabili le caratteristiche dell'acqua grezza in ingresso all'impianto di potabilizzazione dell'Anconella, che serve l'acquedotto della città di Firenze. La linea di trattamento deve quindi essere particolarmente flessibile e adattabile alle più differenti situazioni. In particolare la fase di chiariflocculazione, responsabile della separazione solido – liquido deve far fronte alla variabilità del contenuto di solidi, rilevato dalla misura nefelometrica di torbidità, i cui valori possono subire anche notevoli oscillazioni, partendo da una base di circa 10 NTU e raggiungendo picchi di oltre 2500 NTU.

Il controllo in tempo reale della chiarificazione diventa quindi uno degli obiettivi prioritari, in quanto permette non solo di gestire in maniera adeguata questa variabilità, ma garantisce anche una migliore efficienza dei trattamenti successivi (decanatazione, filtrazione, abbattimento della componente organica), fortemente legati all'iniziale fase di chiariflocculazione.

L'utilizzo della modellistica fuzzy per progettare tale regolatore è assai diffusa da molti anni nel controllo dei processi industriali (Sugeno, 1985; Horota, 1993; Hong-Zai, 1996). Quest'approccio ha prodotto importanti risultati in termini di efficienza della regolazione e riduzione dei costi di esercizio, specialmente in caso di processo dalla dinamica complessa e variabile a seconda delle condizioni operative, come appunto è il caso della chiariflocculazione.

Il presente lavoro è organizzato nel modo seguente: dopo una breve descrizione del processo, si è strutturato il modello di processo in funzione dei dati disponibili. Questo è stato poi utilizzato come banco di prova del regolatore. Avendo constatato che un singolo modello non è in grado di coprire l'intero arco delle condizioni di funzionamento, si è adottato un doppio modello, uno per le situazioni di torbida normale ed un altro per quelle di piena. Successivamente si è progettato il regolatore fuzzy, che è stato testato utilizzando come ingresso le misure reali dell'acqua grezza entranti nel processo nello stes-

* Dott. ing. Daniele Daddi; Università degli Studi di Firenze, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale – Via di S. Marta, 3 – 50139, Firenze – E-mail: daddie.daddi@hotmail.it.

** Dott. ing. Elisabetta Giusti, prof. ing. Stefano Marsili Libelli; Università degli Studi di Firenze, Dipartimento di Sistemi e Informatica – Via di S. Marta, 3 – 50139, Firenze – E-mail: giusti@dsi.unifi.it, marsili@dsi.unifi.it.

*** Dott. ing. Leonardo Rossi; PhD Publicacqua SpA – Via Villamagna 90/c – 50126, Firenze – E-mail: l.rossi@publicacqua.it.