

REFERENCIAS

1. DEPARTAMENTO DE ELECTROMECHANICA, ISMMMoA: Determinación del consumo de energía eléctrica del Instituto Superior Minero-Metalúrgico, ISMMMoA, 1982.
2. GUERRERO, J., J. Díaz, S. Maliuk y A. Parodi: "Análisis del mejoramiento del factor de potencia en la Empresa 'Comandante Pedro Soto Alba'". Trabajo de Diploma, ISMMMoA, 1982.
3. MALIUK, S.: Factor de potencia en la producción. Ed. Oriente, Santiago de Cuba, 1980.
4. PARTIDO COMUNISTA DE CUBA: Informe Central al II Congreso. Palacio de las Convenciones. La Habana, 1980.
5. RAÑA, L., P. Quintero y S. Maliuk: "Análisis del factor de potencia en la Empresa 'Comandante Manuel Fajardo Rivero'". Trabajo de Diploma, ISMMMoA, 1982.

LA REGULACION DEL VALOR MEDIO DEL TIEMPO DE RESIDENCIA DE UN LIQUIDO EN UN RECIPIENTE

RESUMEN

En este trabajo se estudian dos métodos para regular el valor medio \bar{t} del tiempo de residencia de un líquido: uno de ellos, a través de un circuito clásico de regulación de razón, y el otro, por medio de una válvula reguladora de \bar{t} . Se exponen, además, los resultados experimentales obtenidos.

Аннотация

В статье изучаются результаты изучения методов регулирования средних значений (\bar{t}) времени нахождения жидкости в сосуде: один из них, классический метод циркуляции с выбором соотношений объём жидкости в сосуде и объёмного расхода через выходное отверстие, и второй, регулирование с помощью клапана регулирующего время нахождения жидкости в сосуде. Приведены полученные экспериментальные данные.

LA REGULACION DEL VALOR MEDIO DEL TIEMPO DE RESIDENCIA DE UN LIQUIDO EN UN RECIPIENTE

Manuel García Renté
Ingeniero Electricista
Asistente del Departamento de Física Matemática del ISMMMOA

El objetivo de este trabajo es estudiar dos métodos para regular el valor medio del tiempo de residencia: uno de ellos, a través de un circuito clásico de regulación de razón, y el otro, por medio de una válvula reguladora.

El tiempo de residencia de una molécula o partícula no reactiva en un recipiente es el tiempo que tarda en él; es decir, es el intervalo de tiempo que transcurre en ir una molécula o partícula desde la entrada del recipiente hasta su salida.

La regulación de valor medio \bar{t} de residencia es importante en aquellos procesos donde el intervalo de contacto entre dos sustancias influye sobre la regulación de otra magnitud, como por ejemplo: en la regulación de la temperatura de un líquido, en la regulación del pH de una sustancia, etcétera; así como en aquellos procesos donde es necesario medir el flujo volumétrico de salida.

Para un líquido que fluye a estado de régimen estacionario por un recipiente, y que verifica la hipótesis de mezcla perfecta, el valor medio \bar{t} del tiempo de residencia se define como:

$$\bar{t} = \frac{V}{F_s} \quad (1)$$

donde: V es el volumen del líquido contenido en el recipiente, y F_s su flujo volumétrico de salida.

Para regular un valor constante \bar{t}_1 de \bar{t} es necesario que V y F_s sean directamente proporcionales.

REGULACION DE RAZON PARA REGULAR \bar{t}

El esquema de regulación de razón que utilizaremos para regular un valor constante \bar{t}_1 de \bar{t} se expresa en la Figura 1.

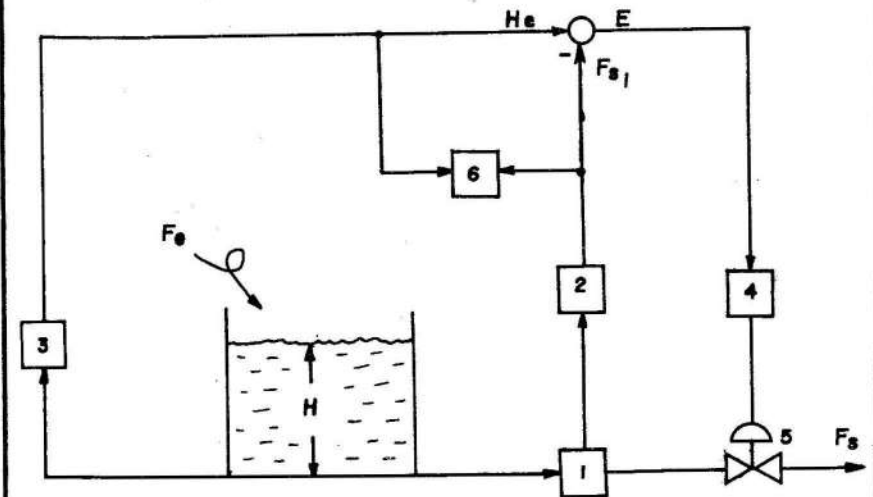


Fig. 1. Esquema de razón para regular E.

Con el objetivo de establecer a \bar{t} en función de los parámetros de la instalación supondremos que el área A de la sección transversal del recipiente es constante, que el controlador tiene acción de control PI y que trabajamos a estado de régimen estacionario; de acuerdo con esto:

$$E = 0 \quad H_e = F_{s1} \quad (2)$$

Del esquema, H_e será:

$$H_e = K_3 \rho H \quad (3)$$

donde: K_3 es la ganancia del transmisor de presión 3

ρ es el peso específico del líquido

H es la altura de la superficie libre del líquido

Del esquema, F_{s1} será:

$$F_{s1} = K_1 K_2 F_s \quad (4)$$

donde: K_1 es la ganancia del platillo-orificio 1

K_2 es la ganancia del transmisor de diferencia de presión 2

F_s es el flujo volumétrico de salida

Si de acuerdo con la ecuación (2) igualamos las ecuaciones (3) y (4), obtendremos:

$$\bar{t} = \frac{V}{F_s} = \frac{K_1 K_2 A}{K_3 \rho} \quad (5)$$

que es la expresión que da a \bar{t} en función de los parámetros de la instalación.

Los componentes utilizados en la instalación para regular a $\bar{t}_1 = 10$ min fueron:

1. Platillo-orificio para un flujo máximo igual a 16 l/min.
2. Transmisor neumático de diferencia de presión de fabricación checoslovaca ZPA.

Tipo CIS 07312/T	Min. 0 - 100
YVR 212530	Max. 0 - 400

3. Transmisor neumático de diferencia de presión marca FOXBORO de fabricación japonesa.

Serie 142707. Alimentación neumática de 1,4 kg/cm². Señal de salida 0,2 - 1 kg/cm².

4. Controlador neumático PI de fabricación checoslovaca ZPA.

Tipo: 07019 II	B.P. : 2 - 180 %
Serie: 2027	Ti : 0,1 - 20 min

5. Válvula neumática de fabricación soviética.

Tipo KAM "abre con presión". Señal de entrada: 0,2 - 1 kg/cm².

6. Registrador neumático de dos canales de fabricación checoslovaca ZPA.

Rango de la señal de entrada: 0,2 - 1 kg/cm². Alimentación eléctrica: 220 volt.

El recipiente utilizado fue un tanque cilíndrico de área de sección transversal constante e igual a 26 dm² y una altura máxima de 8,36 dm, en cuyo interior se ubicaron deflectores. El líquido usado fue H₂O a temperatura ambiente (unos 28 °C).

Cada uno de los componentes fue previamente calibrado antes de ser utilizado en la instalación.

Los valores de los parámetros de los componentes del sistema fueron:

$K_1 = 0,04 \frac{\text{kg/cm}^2}{\text{l/min}}$, ganancia del componente 1

$K_2 = 20$, ganancia del componente 2

$K_3 = 10$, ganancia del componente 3

$\rho = 10^{-3} \text{ kg/cm}^2$, peso específico del H₂O

$A = 2\ 600\ \text{cm}^2$, área de la sección transversal del tanque

Sustituyendo estos valores en la ecuación (5), obtuvimos:

$$\bar{t} = 10,4\ \text{min}$$

Para lograr el valor deseado de $\bar{t} = 10\ \text{min}$ colocamos inmediatamente después del transmisor 2 un atenuador con ganancia $K_G = 0,96$.

Para el ajuste óptimo del controlador se aplicó el método de las oscilaciones mantenidas de Ziegler-Nichols.

La B.P. crítica fue de 35 %, y el T crítico se obtuvo de la siguiente forma: se observó que 10 sinusoides ocupaban en la carta un centímetro de longitud, y que la velocidad de la carta era de 20 mm/min. A partir de lo anterior se obtuvo que T crítica era de 0,05 min.

Aplicando las fórmulas dadas por Ziegler-Nichols para el ajuste óptimo de un controlador PI, obtuvimos:

$$\text{B.P.} = \frac{1}{0,45} \cdot 35 = 77,77\ \%$$

$$T_i = 0,83 \cdot 0,05 = 0,0415\ \text{min}$$

Para estos valores de B.P. y T_i se obtuvo la respuesta del sistema indicado en la Tabla 1.

VALVULA PARA LA REGULACION DE \bar{t}

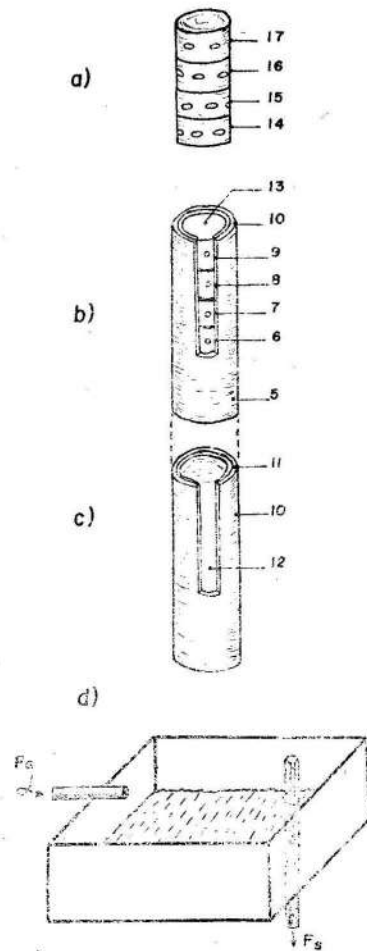
A continuación, para una mejor comprensión de la válvula, daremos una descripción estructural de la misma:

A manera de ejemplo (ver Figura 2), utilizaremos la válvula 5, la cual está constituida por un conducto de forma tabular con los orificios indicados por 6, 7, 8 y 9 que pueden ser cambiados, y por los cuales puede salir el líquido contenido en el recipiente.

TABLA 1. Resultados obtenidos con perturbación para B.P. = 77,77 % y $T_i = 0,0415$, ajustado por el método de Ziegler-Nichols.

No.	H (mm)	V (dm ³)	P (kg/cm ²)	F _s 1/min	(min)
1	90	23,4	0,340	2,745	8,52
2	100	26,0	0,345	2,869	9,06
3	110	28,6	0,350	2,995	9,54
4	120	31,2	0,360	3,244	9,61
5	130	33,8	0,370	3,494	9,68
6	140	36,4	0,375	3,618	10,06
7	150	39,6	0,380	3,744	10,41
8	160	41,6	0,390	3,974	10,46
9	170	44,2	0,400	4,243	10,41
10	180	46,8	0,410	4,492	10,41
11	190	49,4	0,420	4,742	10,41
12	200	52,0	0,430	4,912	10,41
13	210	54,6	0,440	5,241	10,93
14	220	57,2	0,460	5,740	9,96
15	230	59,8	0,470	5,990	9,98
16	240	62,4	0,480	6,240	10,00
17	250	65,0	0,490	6,489	10,01
18	260	67,6	0,495	6,613	10,22
19	270	70,2	0,500	6,739	10,41
20	280	72,8	0,510	6,988	10,41
21	290	75,4	0,520	7,238	10,41
22	300	78,0	0,530	7,488	10,41
23	310	80,6	0,535	7,612	10,58

La válvula está formada por dos tubos concéntricos: uno más externo 10, fijo, representado en la Figura 2 c, con dos ranuras: una longitudinal e interna a 10; la ranura 11, y otra, también longitudinal: la ranura 12; en la ranura 11 y en la parte de la ranura 12 se encuentra el otro tubo 13 representado en la Figura 2 a, compuesto por las secciones



cortas de tubo 14, 15, 16 y 17, las cuales pueden girar. En cada una de estas secciones cortas de tubo se encuentran varios orificios. El flujo de salida del recipiente puede hacerse nulo colocando en la ranura 12 una columna de orificios ciegos.

Con el objetivo de indicar un algoritmo de cálculo para el diseño de la válvula, supongamos que necesitamos regular la característica de V contra F_s que se indica (Figura 3).

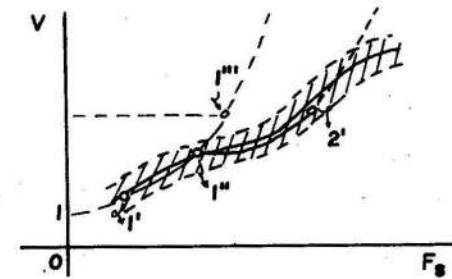


Fig. 3. Característica regulada de V contra F_s .

Supongamos que el error de regulación es el permisible siempre que la característica obtenida por diseño (y también en la práctica) caiga dentro de la zona rayada.

El flujo volumétrico F_s de salida por un orificio está dado por:

$$F_s = C_d S \sqrt{2g\Delta H} \quad (6)$$

donde: C_d es el coeficiente de descarga del orificio
 S es el área del orificio

ΔH es la altura desde el centro del orificio a la superficie libre del líquido

g es la aceleración de la gravedad

El algoritmo para determinar la altura a que se encuentra el primer orificio es el siguiente: tomamos dos puntos tales como 1' y 1" dentro de la zona rayada por donde queremos que pase la característica del primer orificio; planteamos la ecuación (7) para cada uno de estos puntos y obtendremos:

$$\Delta H_{1'} = \frac{H_{1',1''}}{\left(\frac{F_{s1''}}{F_{s1'}}\right)^2 - 1} \quad (7)$$

donde: $H_{1',1''}$ es la altura conocida entre los puntos escogidos 1' y 1"

$\Delta H_{1'}$ es la altura desde el centro del primer orificio al punto 1'; por lo tanto queda determinado el centro del primer orificio. Aplicando de nuevo la ecuación (7) obtendremos el valor del área S_1 del primer orificio.

Una vez determinada la altura y el área del primer orificio trazamos su curva parabólica de V contra F_s . Fijamos otro punto dentro de la zona rayada 2' por donde queremos que pase la característica total y aplicamos la fórmula:

$$F_{s2'} - F_{s1''} = C_{d2'} S_2 \sqrt{2g\Delta H_2}$$

de aquí determinamos S_2 ; y así sucesivamente precisamos las diferentes áreas de los orificios que componen a la válvula.

Esta metodología de cálculo fue aplicada para regular $\bar{t} = 10 \pm 0,5$ min del H_2O en un tanque cilíndrico de área de sección transversal igual a 26 dm^2 (el mismo tanque en que se aplicó la regulación de razón); supusimos que para el H_2O , $C_d = 0,61$ se obtuvieron las siguientes características de diseño para la válvula en un rango de flujo entre 3 l/min a 18 l/min .

Orificio no.	Area (cm ²)	Altura respecto al fondo (cm)
1	0,89	7,19
2	0,29	23,20
3	0,23	34,80
4	0,13	46,10
5	0,16	57,70

En la construcción de la válvula se cometieron errores constructivos y se obtuvo en la práctica una regulación de $\bar{t} = 8 \pm 0,5$ min, tal y como se indica en la Tabla 2.

TABLA 2. Resultados experimentales obtenidos con la válvula para velocidad angular igual a cero.

H (cm)	V (l)	F_s (l/min)	\bar{t} (min)
10,0	26,0	3,43	7,58
15,6	40,6	5,38	7,55
26,2	68,1	8,29	8,21
30,5	79,3	9,79	8,10
35,7	92,8	11,70	7,93
41,2	107,0	13,80	7,76
45,1	117,0	14,90	7,87
51,3	133,0	17,00	7,85
56,5	147,0	18,40	7,98
61,5	160,0	20,10	7,96
67,8	176,0	21,10	8,36

CONCLUSIONES

El análisis comparativo entre el circuito de regulación de razón y el de la válvula para regular un valor constante de \bar{t} muestra que:

1. El circuito de regulación de razón es más complejo que el de la válvula.
2. El circuito de regulación de razón es de acción indirecta, mientras que el de la válvula es de acción directa, lo que implica en este último un ahorro en cuanto al montaje y costo de la instalación.

En general, para su aplicación industrial debido a su costo, confiabilidad y sencillez, sugerimos el uso de la válvula y no el circuito de regulación de razón.

REFERENCIAS

1. CUEVAS, I.E.: "Regulación del valor medio del tiempo de residencia". Trabajo de Diploma, Universidad de Oriente, 1976.
2. DENBIGH, K.G.: Teoría del reactor químico. Ed. Alhambra S.A., 1968.
3. GARCIA, R.M.: Método y dispositivo para la regulación del tiempo de residencia. Patente de invención 34195. Oficina Nacional de Inventiones, Información Técnica y Marcas. La Habana, Cuba, 1979.
4. TORRES, A.G. y T.F. Cora: "Verificación de un procedimiento de cálculo para una válvula". Trabajo de Diploma, ISMMMOa, 1977.

NORMAS PARA LA PRESENTACION DE ORIGINALES DE LA REVISTA MINERIA Y GEOLOGIA

1. Los trabajos se presentarán redactados correctamente y escritos a máquina sin tachaduras, ni arreglos a mano, en original y una copia, a dos espacios, escritos en cuartillas de papel bond blanco con formato de $8\frac{1}{2} \times 13$ ". Los márgenes laterales superiores e inferiores mantendrán 3 cm cada uno.
2. La primera cuartilla deberá contener los datos mostrados a continuación:
Título del trabajo, nombre y apellidos del autor (es), títulos académicos, cargo y categoría docente y/o científica; en hoja aparte la dirección del centro de trabajo, dirección particular y teléfono.
3. En el texto se indicará dónde deben insertarse las ilustraciones (fotos, gráficos, dibujos, cuadros estadísticos, etcétera). En el dorso de cada una se señalará, en el borde superior de la misma, su posición correcta y el número que le corresponde en el texto. Las fotografías se presentarán en papel sin brillo que garantice la reproducción con suficiente nitidez y contraste. El tamaño debe ser de 148 mm que es el formato A-6. Los gráficos deberán ser entregados en tinta china y en papel alba o cartulina blanca. Todas las anotaciones, cifras y letras en los mismos deberán ser efectuadas con "Meroy" u otro tipo de plantilla, nunca a mano.