

ĆWICZENIE LABORATORYJNE

AUTOMATYKA I STEROWANIE
W CHŁODNICTWIE, KLIMATYZACJI I OGRZEWNICTWIE

L4 – STEROWANIE KOLUMNĄ REKTYFIKACYJNĄ

Wersja: 2013-09-30



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY

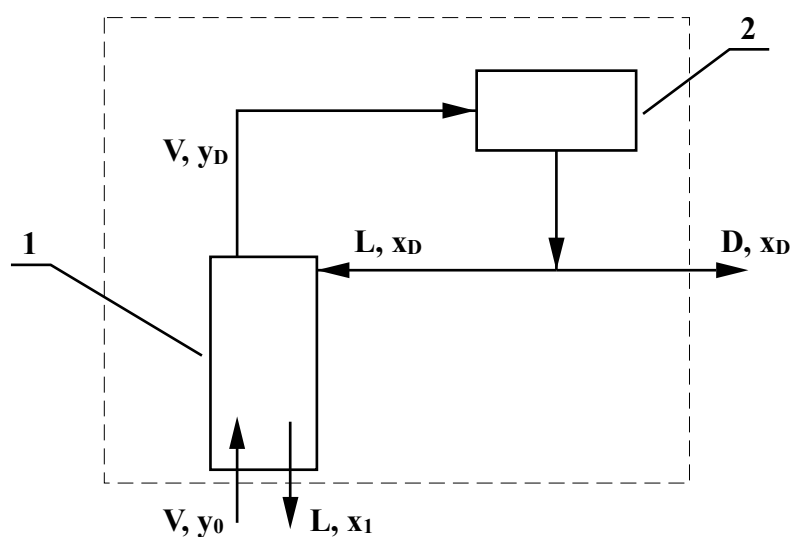


4.1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie studentów z metodami sterowania procesem rektyfikacji okresowej.

4.2. Podstawy teoretyczne

Proces rektyfikacji jest bardziej złożoną formą procesu destylacji. Opiera się na wzajemnym oddziaływaniu unoszących się oparów ze spływającą w dół cieczą. Można powiedzieć, że rektyfikacja jest zwielowrotnioną destylacją. Opary wędrujące z górnej części kolumny rektyfikacyjnej są kierowane do deflegmatora, gdzie są skraplane. Część skroplonego destylatu powraca do kolumny, aby zapewnić ciągłość kontaktów oparów z cieczą. Podczas procesu rektyfikacji mieszanina jest poddawana ciągłym przemianom z cieczy w parę i odwrotnie. Powoduje to że spływająca w dół ciecz wzbogaca się w czynnik mniej lotny, a opary wzbogacają się w czynnik bardziej lotny. Rektyfikację przeprowadza się w kolumnach rektyfikacyjnych. W technice spotyka się kolumny półkowe oraz kolumny z wypełnieniem. W kolumnach półkowych przepływ cieczy i oparów odbywa się pomiędzy kolejnymi półkami, gdzie im wyższa półka tym wyższe stężenie czynnika bardziej lotnego. Natomiast w kolumnach z wypełnieniem rolę półek zastępuje wypełnienie, którym najczęściej są pierścienie Raschiga, pierścienie Palla czy siodełka Berla. Rolą wypełnienia jest zintensyfikowanie wymiany ciepła i masy pomiędzy spływającą cieczą a unoszącymi się oparami.



Rys. 1. Bilans górnej części kolumny rektyfikacyjnej.
(1 – kolumna rektyfikacyjna, 2 - deflegmator)

Na rysunku nr 1 została zaprezentowana górna część kolumny rektyfikacyjnej wraz z oznaczeniami przepływających strumieni. V jest strumieniem przepływającego gazu, L jest



strumieniem przepływającej cieczy, natomiast D jest strumieniem odpływającego destylatu. Z zasady zachowania masy wynika równość:

$$V = L + D \quad (1)$$

Bilans masy dla substancji bardziej lotnej będzie się zatem przedstawiał następująco

$$V \cdot y_0 = L \cdot x_1 + D \cdot x_D \quad (2)$$

gdzie y i x są odpowiedni udziałami masowymi w fazie gazowej i ciekłej. Po przekształceniu równania 2 otrzymujemy równanie

$$y_0 = \frac{L}{V} \cdot x_1 + \frac{D}{V} \cdot x_D \quad (3)$$

które jest nazywane linią operacyjną procesu rektyfikacji. Linia operacyjna w połączeniu z wykresem równowagi fazowej mieszaniny określa w jakim stopniu uda się rozdzielić mieszaninę. Po wstawieniu do równania 3 zależności z równania 1 otrzymujemy

$$y_0 = \frac{L}{L + D} \cdot x_1 + \frac{D}{L + D} \cdot x_D \quad (4)$$

W tym momencie należy zdefiniować pojęcie stopnia refluksu, czy też refluksu R

$$R = \frac{L}{D} \quad (5)$$

Jest to stosunek wielkości strumienia zawracanego L do wielkości strumienia odbieranego D . Po wstawieniu stopnia refluksu do równania 4 otrzymujemy

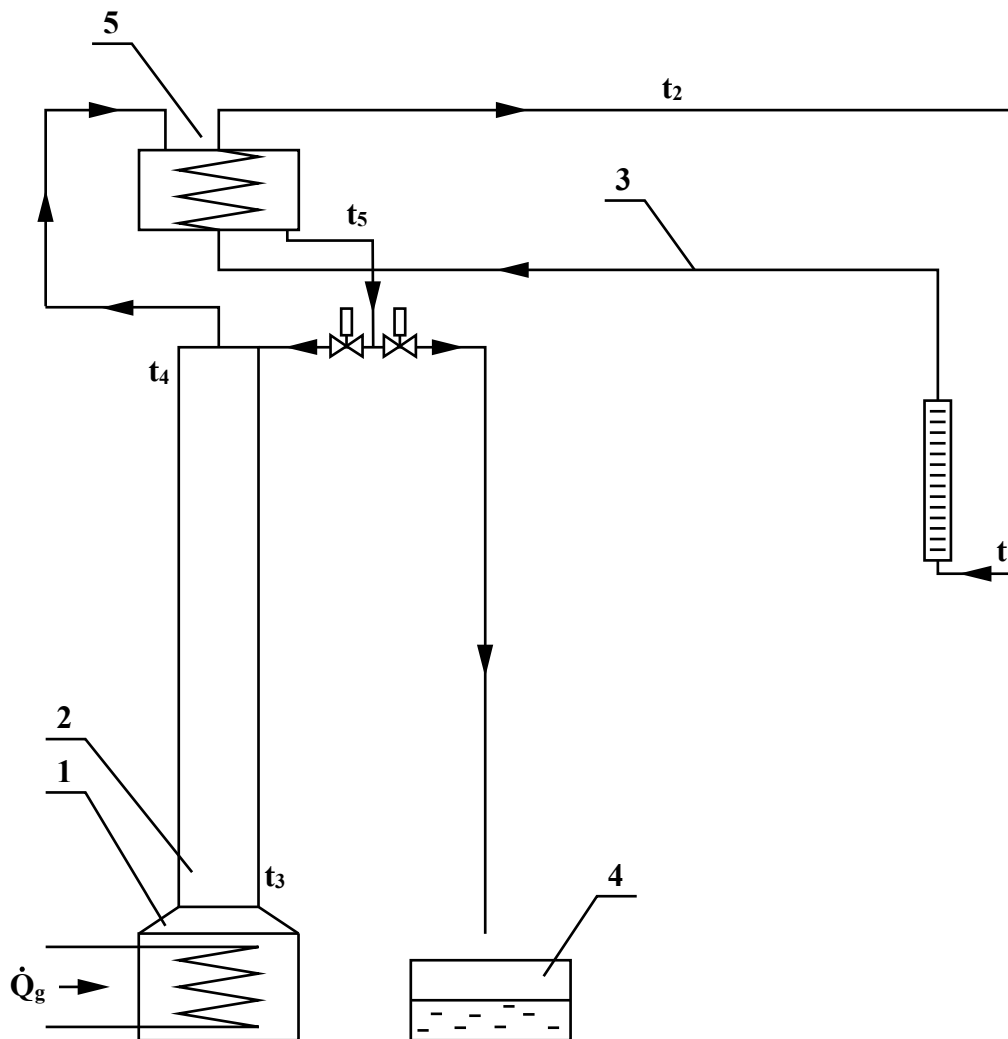
$$y_0 = \frac{R}{R + 1} \cdot x_1 + \frac{1}{R + 1} \cdot x_D \quad (6)$$

Co w praktyce oznacza, że sterowanie kolumnami rektyfikacyjnymi najczęściej polega na regulacji stopnia refluksu. Sterowanie najczęściej odbywa się w sposób ciągły, przy pomocy zaworów sterowanych za pomocą siłownika, na przewodzie odbioru destylatu jak i na przewodzie powrotu destylatu. Okazuje się jednak, że w niektórych przypadkach rozwiązaniem bardziej optymalnym jest zastosowanie regulacji dwupołożeniowej 4.6. Zamiast sterowalnych zaworów są zwykle zawory elektromagnetyczne zamykające i otwierające przepływ. Typowym przykładem gdzie tego typu regulacja jest zastosowana jest rozdział etylu i benzenu. Wymagany stopień refluksu dla tej mieszaniny zgodnie z obliczeniami wynosi 1:70, co oznacza, że należałoby zastosować zawory o bardzo dużej czułości, które niestety nie są dostępne na rynku. Natomiast poprzez regulację czasami otwarcia i zamknięcia zaworów wymagany stopień refluksu w dość łatwy sposób udaje się osiągnąć.



4.3. Stanowisko laboratoryjne

Na rysunku nr 2 został przedstawiony schemat stanowiska laboratoryjnego. Jest to kolumna rektyfikacyjna wypełniona pierścieniami Raschiga wykonanych ze stali nierdzewnej. Kolumna, deflegmator oraz kocioł także wykonane są ze stali nierdzewnej. Kolumna przeznaczona jest do rektyfikacji okresowej mieszaniny etanol-woda. Regulacja refluksu odbywa się w sposób dwupołożeniowy za pomocą dwóch zaworów elektromagnetycznych.

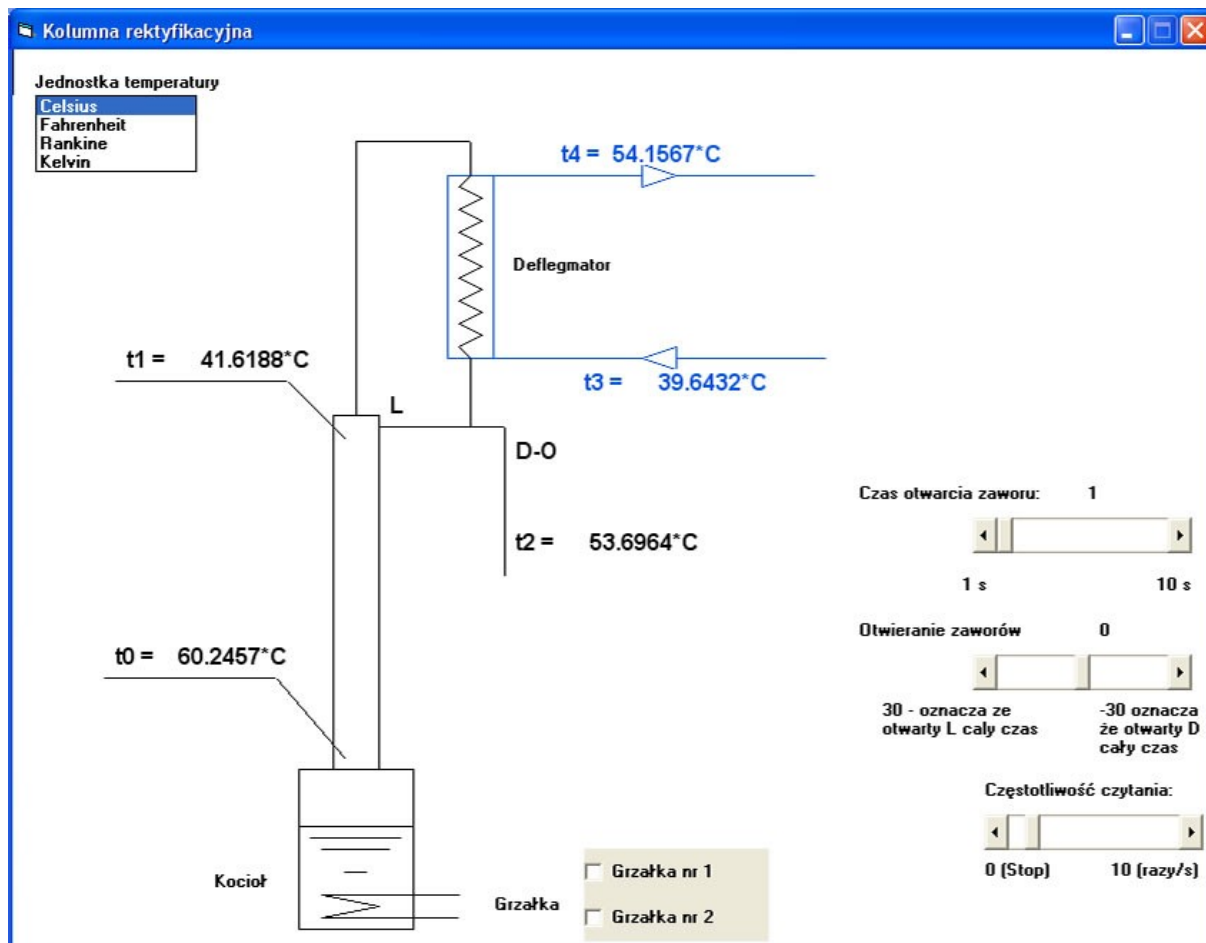


Rys. 2. Schemat stanowiska laboratoryjnego

(1 – kocioł, 2 – kolumna z wypełnieniem, 3 – linia wody chłodzącej, 4 – zbiornik odebranego destylatu, 5 - deflegmator)

Stanowisko laboratoryjne połączone jest z aplikacją pomiarowo sterującą. Interfejs graficzny aplikacji został zaprezentowany na rysunku nr 3. Aplikacja umożliwia włączanie i wyłączenie grzałek. Zmianę stopnia refluksu poprzez zmiany czasów otwarcia zaworów.





Rys. 3. Interfejs graficzny układu pomiarowo sterującego.

4.4. Przebieg ćwiczenia

Studenci mają za zadanie otrzymywać jak największe stężenie alkoholu etylenowego. W tym celu mają do dyspozycji interfejs graficzny panelu sterowania, który umożliwi włączanie i wyłączanie grzałek w kotle. Zmianę stopnia refluxu poprzez naprzemienne otwieranie i zamykanie zaworów elektromagnetycznych. Dodatkowo studenci mogą sterować strumieniem wody chłodzącej zaworem ręcznym.

Podczas pracy kolumny studenci mają samodzielnie regulować pracę kolumny, a następnie zbierać odczyty i ustalać następne kroki.

4.5. Sprawozdanie

Sprawozdanie powinno zawierać:

- Cel ćwiczenia;
- Opis stanowiska;
- Wykres zależności zmiany stężenia alkoholu w destylacie w czasie;



- Określenie jaki rodzaj regulacji został zastosowany;
- Określenia co było sygnałem sterującym;
- Określenia co było wartością sterowaną.
- Wnioski

4.6. Literatura

[1]. Nagy I.: Regulacja kolumn rektyfikacyjnych. Wydawnictwa Naukowo Techniczne, Warszawa 1976.

