

CONTROL SYSTEM FOR LABORATORY DISTILLATION COLUMN MODEL

Petr Chlad

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xchlad01@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Václav Kaczmarczyk

E-mail: xkaczm00@stud.feec.vutbr.cz

Abstract: This article describes the model of distillation column. Firstly the type of used steam distillation is explained. Then chemical section, used sensors, actors and other devices are described. As last chapter types of communication and implemented safety software are mentioned.

Keywords: Distillation, distillation column, control system, Modbus TCP, AS-interface

1. ÚVOD

Tento projekt se zabývá stavbou a následným řízením modelu destilační kolony. Cílem je vytvořit zařízení, které bude funkční z hlediska chemického a které bude možno osadit instrumentací a dalšími vhodnými prvky. Vznikne tak zařízení, na němž bude možné vyzkoušet si práci s reálným procesem. Bude tak nutné řešit nejen regulaci samotného procesu, ale také samotnou komunikaci s řídicím členem a sběr dat z procesu.

2. DESTILACE

Destilace je jedna z mnoha separačních metod [1]. Cílem destilace je rozdělení látky na nejméně dvě části různého složení. To se provádí na základě rozdílné těkavosti (různá teplota varu) látek. Základní dělení destilací je na jednostupňové a vícestupňové, kde vyšší počet stupňů zvyšuje kvalitu nebo čistotu výstupní látky. Další dělení je na periodickou (vsádkovou) a kontinuální (v průmyslu).

Proces destilace lze popsat principiálně takto: látku umístíme do varné nádoby a začneme zahřívat na požadovanou teplotu. Zároveň udržujeme dostatečně nízkou teplotu v chladiči. Při dosažení teploty varu se začne uvolňovat pára s požadovanou látkou, která následně zkondenzuje v chladiči a je uchována jako výstupní produkt. Ve varné nádobě pak zůstává destilační zbytek.

2.1. DESTILACE S VODNÍ PÁROU

Proces destilace lze různě modifikovat dle potřeb dané aplikace. Tak vznikl i druh destilace s nosnou párou [2], která způsobí snazší rozdělení směsí. Vodní pára zde snižuje bod varu destilované směsi. Lze ji použít u látek, které s vodní párou těkají, ale zároveň se s ní nemísí.

Změnou oproti klasické destilaci je použití vyvíječe vodní páry a zavedení přívodu páry do destilační nádoby.

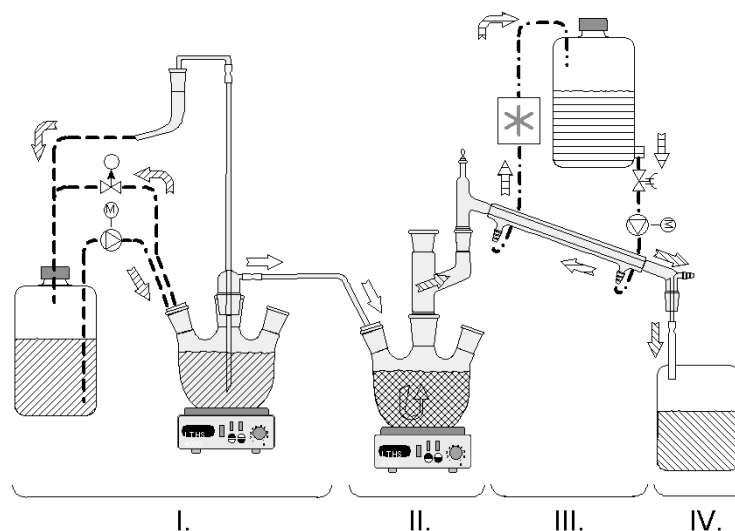
3. MODEL DESTILAČNÍ KOLONY

Fyzický model destilační kolony vznikl jako laboratorní zařízení, na kterém je možné si reálně vyzkoušet nejen řízení opravdového procesu v průmyslu. Lze jej rozdělit na několik částí podle jejich funkce. Jednotlivé části jsou popsány dále.

3.1. CHEMICKÁ ČÁST

Chemická část zahrnuje kompletní aparaturu pro správný průběh destilace s nosnou párou. Jedná se zejména o prvky z laboratorního skla doplněné o další komponenty z plastu, pryže a silikonu.

Z technologického hlediska jej lze rozdělit na vyvíječ páry se zásobníkem vody (Obrázek 1 – I.), destilační část (baňku, II.), chladicí okruh s chladičem, lednicí a zásobníkem chladicí kapaliny (III.) a výstupní část s nádobou na výstupní produkt (IV.).



Obrázek 1: Chemická aparatura.

3.2. SENZORIKA

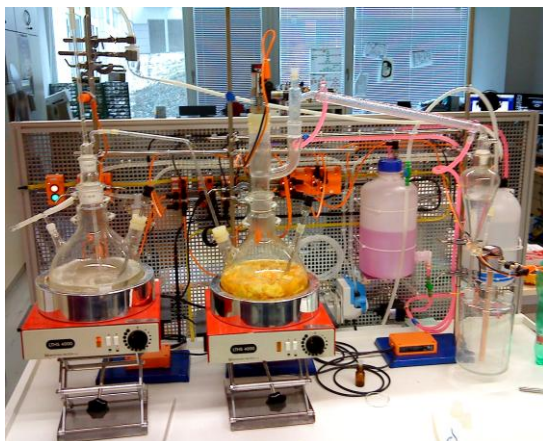
Model kolony je osazen několika typy senzorů od firmy IFM Electronic. Jako hlavní snímače lze považovat tyčové teplotní senzory TT2181, které měří teplotu v důležitých částech aparatury. Jsou umístěny ve vyvíječi, destilační baňce a zásobnících s vodou a chladicí kapalinou. Senzory TS2229 dávají informaci o teplotách na obou koncích chladiče a také o okolní teplotě. Dalším typem snímačů jsou kapacitní senzory KG5065, které snímají limitní hladiny v obou baňkách a zásobníku chladicí kapaliny. Jeden je také použit k detekci zvýšeného tlaku ve vyvíječi. Další kapacitní senzory KD5023 jsou umístěny pod kritickými částmi aparatury a detekují únik kapaliny. Spojitý senzor hladiny LK3122 je umístěn ve výstupní nádobě. Všechny tyto senzory jsou připojeny pomocí příslušných modulů do sběrnice AS-Interface.

3.3. AKČNÍ ČLENY A DALŠÍ PRVKY

Jako základní akční členy jsou zde topná média LTHS 4000 (Brněnská Drutěva). Cirkulaci chladicí kapaliny zajišťuje čerpadlo IWAKI a doplňování vody do vyvíječe páry systém MasterFlex (Cole-Parmer). Nízká teplota v chladicím okruhu je dosažena laboratorní lednicí PolyScience KR-30A. K uvolnění možného přetlaku v aparatuře byl instalován také ventil (Takasago Electric).

Ke správnému chodu celého zařízení jsou nezbytná i další zařízení. Jsou to například oddělovací transformátory Diametral a RSS relé pro topidla a lednici. Další významnou položkou jsou napájecí zdroje (PLC a sběrnice AS-i, externí napájení AS-i pro některé moduly).

Nejdůležitější částí modelu je programovatelný automat (PLC) IFM AC 1337, ten je popsán v následující části.



Obrázek 2: Model destilační kolony, rozváděč.

4. SOFTWARE A KOMUNIKACE

Hlavním prvkem z pohledu automatizace je programovatelný automat (PLC). Jeho primárním úkolem je zajistit sběr dat z procesu a ovládání akčních členů. K tomu slouží průmyslová sběrnice AS-interface. Ke komunikaci si vystačí s dvojicí vodičů, na které lze připojit příslušné I/O moduly. Další jeho funkcí je přijímat příkazy od nadřazeného orgánu (např. PC) a poskytovat mu získaná data z procesu. Tato komunikace probíhá dle protokolu Modbus TCP. Funguje zde jako tzv. gateway mezi oběma protokoly.

Mimo komunikace obsahuje PLC software, který dohlíží na bezpečný provoz. Ten byl vytvořen zejména z důvodu rizika nesprávného zacházení se zařízením. Jedná se zde o chemický proces a při běhu jsou části aparatury naplněné nemrznoucí směsí a kapalinami o teplotě okolo 100 °C. Dalším důvodem je možnost výpadku komunikace s řídicím systémem (příp. obsluhou). Je proto nutné aby zařízení bylo schopno pracovat nějakou dobu samostatně nebo definovaně proces zastavit. Software je řešen pomocí stavových automatů pro jednotlivé akční členy, případně doplněné o logiku řešící prioritu mezi uživatelem a bezpečnostním omezením. Přechody mezi stavy u jednotlivých zařízení jsou podmíněny daty ze senzorů, stavy ostatních zařízení a bezpečnostními limity.

5. ZÁVĚR

Laboratorní model destilační kolony je plně funkční zařízení pro destilaci látek. Je osazeno senzory, akčními členy a dalšími prvky pro jeho ovládání. Je zde implementována sběrnice AS-interface pro sběr dat z procesu a ovládání akčních členů. Také je zde použit Modbus TCP pro zprostředkování komunikace s řídicím členem (např. PC). Jako rozhraní mezi těmito platformami je PLC od firmy IFM Electronic. Ten zajišťuje nejen komunikaci, ale také funguje jako hlavní bezpečnostní prvek v systému. Jsou v něm implementovány ochranné mechanismy a omezující podmínky, aby byla zajištěna bezpečnost obsluhy a okolí i v případě výpadku komunikace s nadřazeným orgánem.

REFERENCE

- [1] Churáček, J., et al.: Analytická separace látek, 1990, SNTL Praha, ISBN 08-030-0569-8
- [2] Havel, P., Schreiber, I., Šnita, D.: Chemické inženýrství I, 2005, VŠCHT Praha, ISBN 80-708-0589-7
- [3] Hinnah, F., Schneider, B.: AS-Interface manual [online]. 2009 [2012-03-20]. Dostupné z: <http://ifm.com/mounting/7390566UK.pdf>
- [4] Modbus-IDA: Modbus application protocol specification V1.1b [online]. 2006 [2012-03-20]. Dostupné z: http://www.modbus.org/docs/Modbus_Application_Protocol_V1_1b.pdf