

Zgazowanie drewna w elektrociepłowniach

Autor: Włodzimierz Kotowski, Eduard Konopka

(„Energia Gigawat” – nr 4/2013)

Przestawianie lokalnych elektrociepłowni z nieodnawialnych na odnawialne źródła energii kojarzy nam się przede wszystkim z wykorzystywaniem energii słońca, wiatru oraz wody.

Tymczasem coraz więcej miast – przykładowo w Niemczech: Ulm, Rosenheim, Konstanz i inne podobnej wielkości - zbudowały w ostatnich latach elektrociepłownie w których zgazowuje się drewno tak odpadowe z okolicznych lasów oraz zakładów zieleni miejskich, jak i z plantacji energetycznych na których uprawia się między innymi wierzbę krzewiastą i topolę (C. Hilgers, Sonne Wind & Warme, 32,9,2012).

Zgazowywanie zrębków drewna powietrzem do gazu drzewnego było powszechnie stosowane do napędu samochodów ciężarowych i osobowych na terenie Niemiec podczas drugiej wojny światowej. Ówczesne zgazowarki zrębków drewna były swą relatywnie prostą konstrukcją podobne do znanych nam 200-litrowych blaszanych beczek. W nich, w temperaturze około 800 stopni Celsjusza uzyskiwano w reakcji półspalania zrębków drewna z tlenem (zawartym w podawanym powietrzu) gaz drzewny o następującym przeciętnym składzie: 15 – 22 procent tlenu węgla, 16 – 21 procent wodoru, 4 – 6 procent metanu, 11 – 17 procent dwutlenku węgla, a resztę stanowił azot. Tak wytworzony gaz drzewny kierowano poprzez płuczkę wodną – w której usuwano opary smoły oraz pył popiołu – do standardowego silnika samochodowego.

Od kilku już lat ta zmodyfikowana technologia zgazowania drewna okazuje się opłacalną w zasilaniu lokalnych elektrociepłowni. Do największej w świecie zalicza się obecnie pracująca w miejscowości Ulm w RFN, o mocy 4,9 MW (megawatów) energii elektrycznej oraz 6,4 MW energii cieplnej. Zajmuje ona powierzchnię 10 000 metrów kwadratowych. Została zaprojektowana przez przedsiębiorstwa Renewable Power Technologies – Umwelttechnik GmbH oraz Ago AG. Składa się ona z dwóch stopni, pierwszy obejmuje reaktor fluidalnego zgazowania zrębków drewna, współdziałający z dwoma silnikami spalinowymi sprzężonymi z elektrogeneratorami. Spaliny z tego węzła procesowego o temperaturze około 350 stopni Celsjusza wykorzystuje się w elektrociepłowni drugiego stopnia o nazwie Organic Ranking Cycle (określenie w języku angielskim), znaną powszechnie pod skrótową nazwą „proces ORC”. Sumaryczna sprawność tego kompleksu energetycznego wynosi 86,7 procent, a koszty jego budowy osiągnęły prawie 33 mln euro.

Elektrociepłownia w Ulm została zbudowana przy założeniu 95-prontowej niezawodności ruchu i rocznie bywa eksploatowana przez około 7500 godzin. Obejmuje ona trzy silosy zrębków drewna o sumarycznej pojemności 600 metrów sześciennych. Godzinowo zgazowuje się ich 6 ton, co wiąże się z dziesięcioma przewozami samochodem ciężarowym dobowo.

Głównym elementem procesowym tego kompleksu energetycznego jest reaktor zgazowania zrębków drewna o masie 30 ton. Ze względów na jego bezpieczeństwo eksploatacyjne został umieszczony w betonowej wieży o wysokości 22 metrów. Sam reaktor zgazowania wykonano ze stali w

cyldrycznej postaci o średnicy 3 metrów i wysokości 20 metrów. Jego ściany wyłożono ceramiczną, wewnętrzną izolacją o grubości 30 centymetrów.

W reaktorze fluidalnego zgazowania zrębków drewna stosuje się piasek kwarcowy jako czynnik przenoszenia ciepła. Surowiec oraz utleniacz (tlen z parą wodną lub powietrze) bywają doprowadzane do reaktora od dołu. Proces zgazowania drewna przebiega egzotermicznie. Utrzymywanie stałej temperatury w reaktorze w granicach 950 – 1000 stopni Celsjusza reguluje się dodatkiem pary wodnej, której reakcja z drewnem (oraz tworzącym się ubocznie koksem) przebiega endotermicznie.

Wytwarzany gaz drzewny wyprowadza się z górnej części reaktora poprzez wytwornicę pary technologicznej i kieruje poprzez filtry do płuczki z cyrkulującym biodieslem. W nim rozpuszczają się opary smółek. Roztwór smółek w biodieslu bywa okresowo kierowany do reaktora zgazowania zrębków drewna.

Oczyszczony gaz drzewny spala się w dwóch silnikach spalinowych sprzężonych z elektrogeneratorami. Wytwarzaną energię elektryczną odprowadza się poprzez transformator do regionalnej sieci.

Spaliny z obu silników spalinowych o temperaturze około 460 stopni Celsjusza kieruje się do elektrociepłowni ORC. Nimi ogrzewa się cyrkulujący, syntetyczny olej silikonowy do temperatury 300 ± 5 stopni Celsjusza przy ciśnieniu 0,1 MPa. Olej teraz przepływa przez wyparkę, w której odparowuje gaz płynny (propan-butan, lub pentan) określany w niniejszej rozprawie jako substancja organiczna. Tak wytworzone opary substancji organicznej bywają skierowane do dwustopniowej, wolnoobrotowej turbiny, sprzężonej z elektrogeneratorem. Opary organiczne z turbiny przepływają przez regeneratory do kondensatora, w którym ulegają skropleniu. Przez ten kondensator – wymiennik ciepła cyrkuluje woda z sieci grzewczej tak budynków sąsiadującego osiedla, jak i zakładów rzemieślniczych itp. Cyrkulujący, gorący olej silikonowy nie służy w tej elektrociepłowni do produkcji pary z wody, gdyż tą funkcję spełnia krążąca substancja organiczna (propan-butan lub pentan) – stąd nazwa tej technologii jako procesu ORC. Nadmiarowe ciepło tej elektrociepłowni bywa przejmowane przez cyrkulującą wodę sieci grzewczej – przykładowo osiedla mieszkaniowego lub przemysłowe suszarnie, itp. Po prostu część ciepła, normalnie traconego z wodą chłodzącą przez kondensatory turbin, bywa w omawianym przypadku wykorzystywana głównie do ogrzewania domów.

Tego typu elektrociepłownie pracują już przeciętnie około 7500 godzin w ciągu roku i osiągają 95-procentową niezawodność eksploatacyjną, o czym wspomniano wyżej.

Na wyróżnienie zasługuje dwustopniowa turbina (zasilana przykładowo mieszaniną propanowo-butanową), która jest sprzężona z elektrogeneratorem bez kosztownej przekładni. Taki układ bywa nie tylko tani, ale charakteryzuje się wysoką sprawnością. Oczywiście ciecz organiczna i jej opary znajdują się w hermetycznie szczelnym obiegu. W dodatku nie ma tu kosztownej instalacji demineralizacji wody kotłowej, co owocuje relatywnie niskimi kosztami eksploatacyjnymi.