ΔΠΘ Μη Συμβατικές Πηγές Ενέργειας

Τμ. Μηχανικών Περιβάλλοντος 8 Μαΐου 2015

ΘΕΜΑ 1Ο (15 μονάδες)

Σε μέση απόσταση 120 χλμ από τη θέση όπου πρόκειται να εγκατασταθεί μονάδα συμπαραγωγής από βιομάζα, υπάρχουν διαθέσιμα 300.000 χιλ στρ για την παραγωγή αγριαγκινάρας. Τα ετήσια καλλιεργητικά κόστη για την παραγωγή αγριαγκινάρας είναι 20 €/στρ, η ετήσια αποπληρωμή της αρχικής εγκατάστασης της φυτείας 20 €/στρ και το επιθυμητό περιθώριο κέρδους από τον παραγωγό 50 €/στρ. Αν η μέση στρεμματική απόδοση της αγριαγκινάρας στην περιοχή αναμένεται να είναι 1,5 ξ.τν/στρ και η σύσταση της φυσικής βιομάζας είναι :

C 52 %

Η 7 %

Ο 41 %

Τέφρα 5 %

Υγρασία 15 %

να υπολογιστεί ο χρόνος αποπληρωμής των ιδίων κεφαλαίων (με βάση τα κέρδη προ φόρων και αποσβέσεων) μονάδας ηλεκτροπαραγωγής από καύση βιομάζας, αν θεωρηθεί ότι το μονοξείδιο στα απαέρια της μονάδας είναι αμελητέο (περίσσεια αέρα 60 %, θερμοκρασία εξόδου καυσαερίων 150 oC) και ο ατμοστρόβιλος λειτουργεί μεταξύ πιέσεων 10 kPa και 10 MPa, με μέγιστη θερμοκρασία 500 oC και ισεντροπικές αποδόσεις αντλίας και στροβίλου 85 %.

Βασικοί υπολογισμοί (3 μονάδες)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| C | 520 | gr/kg ξετ | 43,33 | mol/kg ξετ | |  | |  | |  | |
| Η | 70 | gr/kg ξετ | 70,00 | mol/kg ξετ | |  | |  | |  | |
| Ο | 410 | gr/kg ξετ | 25,63 | mol/kg ξετ | |  | |  | |  | |
| ΑΘΔ ξετ βιομάζας | | 20326,39 | kJ/kg | | Ο2 για πλ. Καύση | | 38,42 | mol/kg | | |
| Εισερχόμενη Υγρασία | | 8,33 | mol/kg | | Τροφοδοσία Ο2 | | 61,47 | mol/kg | | |
| Παραγόμενη υγρασία | | 28,00 | mol/kg | | Τροφοδοσία Ν2 | | 231,23 | mol/kg | | |
| ΔΗ ξετ βιομάζας | | 6728,27 | kJ/kg | |  |  | | |  | | |

Καύση βιομάζας (3 μονάδες)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| CO2 | 34,67 | mol/kg βιομάζας | Παραγόμενη θερμότητα | 16597,529 | kJ/kg βιομάζας |
| H2O | 36,33 | mol/kg βιομάζας | Απώλειες καυσαερίων | 1222,00 | kJ/kg βιομάζας |
| O2 | 23,05 | mol/kg βιομάζας | Λανθάνουσα θερμότητα | 1478,77 | kJ/kg βιομάζας |
| N2 | 231,23 | mol/kg βιομάζας | Ωφέλιμη θερμότητα | 13896,76 | kJ/kg βιομάζας |
| Συνολικά | 325,28 | mol/kg βιομάζας | Ατμός στροβίλου | 4,38 | kg/kg βιομάζας |

Στρόβιλος (3 μονάδες) Κόστος βιομάζας (3 μονάδες)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| h1 | 191,81 | kJ/kg | x4s | 0,793 |  | Παραγωγή βιομάζας | 450000 | ξ.tn /έτος |
| v1 | 0,00101 | m3/kg | h4g | 2583,90 | kJ/kg | Φορτίο βιομάζας | 39 | tn/δρομολόγιο |
| h2s | 201,90 | kJ/kg | h4l | 191,81 | kJ/kg |  | 33,15 | ξ.tn/δρομολόγιο |
| wins | 10,09 | kJ/kg | h4s | 2089,73 | kJ/kg | Κόστος μεταφοράς | 9,96 | €/ξ.tn |
| win | 11,87 | kJ/kg | wouts | 1285,37 | kJ/kg | κέρδος παραγωγού | 33,33 | €/ξ.tn |
| h2 | 203,68 | kJ/kg | wout | 1092,56 | kJ/kg | κόστη παραγωγού | 26,67 | €/ξ.tn |
| h3 | 3375,10 | kJ/kg | h4 | 2282,54 | kJ/kg | Κόστος βιομάζας | 69,96 | €/ξ.tn |
| s3 | 6,5995 | kJ/kgK | Wout | 4787,47 | kJ/kg |  | 59,46 | €/tn |
| s4g | 8,1488 | kJ/kgK | Win | 52,01 | kJ/kg |  |  |  |
| s4l | 0,6492 | kJ/kgK | Wel | 4735,46 | kJ/kg |  |  |  |

Οικονομικά (3 μονάδες)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Δυναμικότητα | 84,47 | ΜWel | Έξοδα πρώτης ύλης | 31.481.100 | € |
| Ειδική πάγια επένδυση | 1176,43 | €/kWel | Εργασία | 5.067.914 | € |
| Πάγια επένδυση | 99.367.723 | € | Λοιπά έξοδα | 3.378.610 | € |
| Επιδότηση | 39.747.089 | € | Λειτουργικά έξοδα | 39.927.624 | € |
| Ίδια | 59.620.634 | € | Αποσβέσεις | 5.962.063 | € |
| Έσοδα ηλεκτρικής ενέργειας | 110.987.325 | € | EBTD | 71.059.701 | € |
| Έσοδα | 110.987.325 | € | Χρόνος αποπληρωμής | 1,40 | έτη |

ΘΕΜΑ 2Ο (10 μονάδες)

Η βιομάζα του προηγούμενου θέματος τροφοδοτείται σε μονάδα αεριοποίησης βιομάζας. Να υπολογισθεί η σύσταση (4 μονάδες), η ειδική ΚΘΔ (2 μονάδες)και η θερμοκρασία του παραγόμενου αερίου (4 μονάδες). Δίνονται:

Μέσο αεριοποίησης: 15 % του οξυγόνου για πλήρη καύση με τη μορφή καθαρού οξυγόνου (χωρίς άζωτο)

Έκταση αεριοποίησης: 90 % της ξηρής βιομάζας

Σύσταση οργανικού μέρους υπολείμματος 90 % C, 1 % H, 9 % O

Παραγόμενο αέριο: Η2, CO και CO2 και 5 % μεθάνιο

Η θερμότητα από την καύση του υπολείμματος τροφοδοτείται χωρίς απώλειες στον αεριοποιητή.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Τροφοδοσία Οξυγόνου | 5,76 | mol O2/kg βιομάζας |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | ΕΙΣΟΔΟΣ |  | ΥΠΟΛ |  | ΑΕΡΙΟ |  |
| C | 34,67 | mol/kg | 2,63 | mol/kg | 32,04 | mol/kg |
| O | 40,36 | mol/kg | 0,20 | mol/kg | 40,16 | mol/kg |
| H | 72,67 | mol/kg | 0,35 | mol/kg | 72,32 | mol/kg |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Η2 | 29,96 | mol/kg | ειδική ΚΘΔ αερίου | 10618,72 | KJ/m3 |
| CO | 17,72 | mol/kg | θερμότητα αντίδρασης | -793,41 | kJ/kgβιομάζας |
| CO2 | 11,22 | mol/kg | ΑΘΔ υπολείμματος | 30321,13 | kj/kgυπολείμματος |
| CH4 | 3,10 | mol/kg | ΚΘΔ υπολείμματος | 30117,63 | kj/kgυπολείμματος |
| Ν2 | 0,00 | mol/kg | θερμότητα από καύση υπολ. | 3011,76 | kj/kgβιομάζας |
| ΣΥΝΟΛΟ | 62,00 | mol/kg | λ εισερχόμενης υγρασίας | 339,17 | kj/kgβιομάζας |
| ΟΓΚΟΣ ΑΕΡΙΟΥ | 1,389 | m3/kg | αισθητή θερμότητααερίου | 1879,18 | kj/kgβιομάζας |
| ΚΘΔ αερίου | 14747,28 | kJ/kgβιομάζας | Τ αερίου | 1022 | oC |

ΘΕΜΑ 3Ο (5 μονάδες)

Μονάδα αναερόβιας χώνευσης τροφοδοτείται με τη βιομάζα του 1ου θέματος, από την οποία το 75 % κ.β. ολικών στερεών είναι πτητικά στερεά. Η βιομάζα αραιώνεται σε 8 % κ.β. ολικά στερεά με νερό και τροφοδοτείται στον χωνευτή. Να υπολογιστούν:

α. ο απαιτούμενος όγκος μεσόφιλου χωνευτή για 75 % καταστροφή των πτητικών στερεών.

β. η ετήσια παραγωγή, η σύσταση και η ειδική ΚΘΔ του παραγόμενου βιοαερίου

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Πτητικά στερεά στην τροφοδοσία (FVS) | | 337500 | ξ. τν / έτος | |
| Σταθερός άνθρακας στην τροφοδοσία (FFC) | | 90000 | ξ. τν / έτος | |
| Σύσταση πτητικών στερεών (VS) | C | 39,20 | % VS | |
|  | O | 51,93 | % VS | |
|  | H | 88,67 | % VS | |
| Τροφοδοσία χωνευτή (F) | | 15410,96 | m3 / ημέρα | |
| Υδραυλικός χρόνος παραμονής στον χωνευτή (HRT) | | 82,090 | ημέρες |  |
| Όγκος χωνευτή | | 1686789 | m3 |  |
| Μοριακός τύπος πτητικών στερεών (CxHyOz) | | 32,667 | x |  |
|  | | 88,667 | y |  |
|  | | 32,458 | z |  |
| Παραγωγή μεθανίου (CH4) | | 19,30208 | mol/kgVS | |
| Παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα (CΟ2) | | 13,36458 | mol/kgVS | |
| CH4 | | 59,088 | % |  |
| CO2 | | 40,912 | % |  |
| Παραγωγή βιοαερίου (Fbiogas) | | 0,731733 | m3/kgVS |  |
|  | | 2,47E+08 | m3/έτος |  |
| Ειδική ΚΘΔ βιοαερίου (sLHV) | | 21,171 | kJ/lt |  |

Θερμότητες σχηματισμού CO2, CO, H2Og, H2Ol, CH4: 393,5, 110,5, 241,8, 285,8, 74,5 kJ/mol

Λανθάνουσα θερμότητα εξάτμισης του νερού 40,7 kJ/mol

Θερμοχωρητικότητες O2, N2, H2, CO2, CO, H2O, CH4: 0,035, 0,027, 0,028, 0,043, 0,028, 0,034, 0,022 kJ/molK

Τιμή διάθεσης της ηλεκτρικής MWh¨: 200 € (< 1 MWe), 175 €( 1 - 5 MWe), 150 € (> 5MWe).

Μονάδα ηλεκτροπαραγωγής από καύση βιομάζας

Κόστος εγκατάστασης: Ειδική Πάγια επένδυση: ΕΠΕ = 4029 – 643lnΔ [€/kWe]

( Δ η ονομαστική δυναμικότητα της μονάδας σε MWe)

Θέσεις εργασίας: 3 εργαζόμενους / MWe.

Μέσο ετήσιο κόστος ανά εργαζόμενο: 20.000 €

Ετήσια κόστη συντήρησης, διοίκησης, ασφάλειας, βοηθητικών παροχών κ.α.: 2/3 του κόστους εργασίας

Κρατική επιδότηση 40 % της αρχικής επένδυσης.

Μεταφορά βιομάζας

Μέγιστη χωρητικότητα φορτηγού 40 τόνοι

Μέγιστη χωρητικότητα φορτηγού 130 m3

Μέση ταχύτητα 65 Km/h

Χρήση καυσίμου (Diesel) 45 L/100 km

Κόστος καυσίμου 1,6 €/lt

Οδηγός + συντήρηση + απόσβεση φορτηγού + κέρδος 25 €/h

Κόστος φορτοεκφόρτωσης 0,50 €/m3

Θερμοδυναμικές ιδιότητες νερού

10, kPa vl = 0,00101 m3/kg hl = 191,81 kJ/kg hg = 2583,9 kJ/kg sl = 0,6492 kJ/kgK sg = 8,1488 kJ/kgK

10 MPa/500 oC hg = 3375,1 kJ/kg sg = 6,5995 kJ/kgK

Αναερόβια χώνευση

μεσόφιλη διεργασία: **% μετατροπή VS** = 17,9 x ln**HRT** – 3,9

όπου HRT ο υδραυλικός χρόνος παραμονής σε ημέρες

Vχωνευτή = 4/3 Vυγρή φάσης