ΔΠΘ Μη Συμβατικές Πηγές Ενέργειας

Τμ. Μηχανικών Περιβάλλοντος 28 Σεπτεμβρίου 2015

ΘΕΜΑ 1Ο (10 μονάδες)

Βιομάζα με σύσταση: C 50 % Τέφρα 5 %

Η 7 % Υγρασία 20 %

Ο 43 %

τροφοδοτείται σε μονάδα αεριοποίησης. 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 ως αέρας (με άζωτο) και 0,5 mol ατμού για κάθε mol O2 που τροφοδοτείται με το μέσο αεριοποίησης

Έκταση αεριοποίησης: 95 % της ΞΕΤ βιομάζας

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

Παραγόμενο αέριο: Η2, CO, Ν2 και CO2 και 3 % μεθάνιο

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

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Τροφοδοσία Οξυγόνου | 5,14 | mol O2/kg βιομάζας |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | ΕΙΣΟΔΟΣ |  | ΥΠΟΛ |  | ΑΕΡΙΟ |  |
| C | 31,25 | mol/kg | 2,81 | mol/kg | 28,44 | mol/kg |
| O | 44,13 | mol/kg | 0,03 | mol/kg | 44,10 | mol/kg |
| H | 79,87 | mol/kg | 0,28 | mol/kg | 79,59 | mol/kg |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Η2 | 34,84 | mol/kg | ειδική ΚΘΔ αερίου | 6821,66 | KJ/m3 |
| CO | 7,82 | mol/kg | θερμότητα αντίδρασης | -455,30 | kJ/kgβιομάζας |
| CO2 | 18,14 | mol/kg | ΑΘΔ υπολείμματος | 30321,13 | kj/kgυπολείμματος |
| CH4 | 2,48 | mol/kg | ΚΘΔ υπολείμματος | 30117,63 | kj/kgυπολείμματος |
| Ν2 | 19,35 | mol/kg | θερμότητα από καύση υπολ. | 1505,88 | kj/kgβιομάζας |
| ΣΥΝΟΛΟ | 82,63 | mol/kg | λ εισερχόμενης υγρασίας | 556,91 | kj/kgβιομάζας |
| ΟΓΚΟΣ ΑΕΡΙΟΥ | 1,851 | m3/kg | αισθητή θερμότητααερίου | 493,67 | kj/kgβιομάζας |
| ΚΘΔ αερίου | 12625,68 | kJ/kgβιομάζας | Τ αερίου | 218 | oC |

ΘΕΜΑ 2Ο (15 μονάδες)

Σε μέση απόσταση 100 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 εκτιμώμενη στρεμματική απόδοση ξηρής βιομάζας 1,5 ξ.τν/στρ. Η μέση υγρασία της βιομάζας αναμένεται να είναι 20 % και η τέφρα 5 %. Εξετάζονται δύο ενδεχόμενα:

1. να κατασκευαστεί μονάδα συμπαραγωγής από καύση βιομάζας. Η ωφέλιμη θερμότητα από τον καυστήρα, στην περίπτωση αυτή είναι 12.500 kJ/kg βιομάζας και τροφοδοτείται σε ατμοστρόβιλο που λειτουργεί μεταξύ πιέσεων 10 kPa και 10 MPa, με μέγιστη θερμοκρασία 500 oC και ισεντροπικές αποδόσεις αντλίας και στροβίλου 85 % (5 μονάδες).
2. να κατασκευαστεί μονάδα συμπαραγωγής από αεριοποίηση βιομάζας. Το παραγόμενο αέριο, στην περίπτωση αυτή αποτελείται από 42,09 mol H2/kg βιομάζας, 6,62 mol CO/kg βιομάζας, 21,71 mol CO2/kg βιομάζας και 1,81 mol CH4/kg βιομάζας και ψύχεται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος πριν καεί (με περίσσεια αέρα) σε αέριοστρόβιλο που λειτουργεί σε πίεση 1000 kPa, θερμοκρασία 1400 Κ και ισεντροπικές αποδόσεις συμπιεστή και στροβίλου 85 % (10 μονάδες).

Να υπολογιστεί το περιθώριο κέρδους (€/στρ) για τον παραγωγό, έτσι ώστε το κάθε ενδεχόμενο να οδηγεί σε χρόνο αποπληρωμής ιδίων, με βάση τα κέρδη προ φόρων και αποσβέσεων, ίσο με 5 έτη. Η συναρτήσεις της ειδικής αρχικής επένδυσης είναι 4.029 – 643ΧlnΔ και 7.675 – 1.235ΧlnΔ, για την μονάδα συμπαραγωγής από καύση και αεριοποίηση, αντίστοιχα, όπου Δ η δυναμικότητα των μονάδων σε MWe. Να μην ληφθεί υπόψη η συμπαραγωγή θερμότητας.

1ο ΕΝΔΕΧΟΜΕΝΟ (5 μονάδες)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| h1 | 191,81 | kJ/kg |  | h4g | 2583,90 | kJ/kg |
| v1 | 0,00101 | m3/kg |  | h4l | 191,81 | kJ/kg |
| h2s | 201,90 | kJ/kg |  | h4s | 2089,73 | kJ/kg |
| wins | 10,09 | kJ/kg |  | wouts | 1285,37 | kJ/kg |
| win | 11,87 | kJ/kg |  | wout | 1092,56 | kJ/kg |
| h2 | 203,68 | kJ/kg |  | h4 | 2282,54 | kJ/kg |
| h3 | 3375,10 | kJ/kg |  |  |  |  |
| s3 | 6,5995 | kJ/kgK |  | Ατμός στροβίλου | 3,94 | kg/kg βιομάζας |
| s4g | 8,1488 | kJ/kgK |  | Wout | 4306,29 | kJ/kg βιομάζας |
| s4l | 0,6492 | kJ/kgK |  | Win | 46,79 | kJ/kg βιομάζας |
| x4s | 0,793 |  |  | Wel | 4259,50 | kJ/kg βιομάζας |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Δυναμικότητα | 81,04 | ΜWel |  | Χρόνος αποπλ. | 5,00 | έτη |
| Ειδική πάγια επένδυση | 1203,04 | €/kWel |  | EBTD | 19.499.115 | € |
| Πάγια επένδυση | 97.495.702 | € |  | Λειτουργικά έξοδα | 86.988.357 | € |
| Επιδότηση | 38.998.281 | € |  | Λοιπά έξοδα | 3.241.628 | € |
| Ίδια | 58.497.421 | € |  | Εργασία | 4.862.442 | € |
| Έσοδα | 106.487.472 | € |  | Έξοδα Α ύλης | 78.884.287 | € |
|  |  |  |  |  |  |  |
| Παραγωγή βιομάζας | 450000 | tn ξ. βιομ./έτος |  | κόστη παραγωγού | 26,67 | €/ξ.tn |
| Κόστος βιομάζας | 175,30 | €/ξ.tn |  | κέρδος παραγωγού | 139,47 | €/ξ.tn |
| Φορτίο βιομάζας | 39 | tn/δρομολόγιο |  |  |  |  |
|  | 31,2 | ξ.tn/δρομολόγιο |  |  |  |  |
| Κόστος μεταφοράς | 9,16 | €/ξ.tn |  | Περιθώριο παραγωγού | 209,2 | €/στρ |

2ο ΕΝΔΕΧΟΜΕΝΟ (10 μονάδες)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| καύση αερίου | | |  | |  |  | | |  | |  | | |
| CO2 | 30,1 | | mol/kg βιομάζας | |  | mol πρότυπου αέρα | | | 409,8 | | mol/kg βιομάζας | | |
| H2O | 45,7 | | mol/kg βιομάζας | |  | kg πρότυπου αέρα | | | 11,818 | | kg αέρα/kg βιομ. | | |
| O2 | 48,0 | | mol/kg βιομάζας | |  | Ο2 | | | 76,00077 | | mol/kg βιομάζας | | |
| N2 | 285,9 | | mol/kg βιομάζας | |  | Ν2 | | | 285,9077 | | mol/kg βιομάζας | | |
|  |  | |  | |  |  | | |  | |  | | |
| h1 | 298,18 | | kJ/kg αέρα | |  | Pr3 | | | 450,5 | |  | | |
| Pr1 | 1,3543 | |  | |  | Pr4 | | | 45,05 | |  | | |
| Pr2 | 13,543 | |  | |  | h4s | | | 808,50 | | kJ/kg αέρα | | |
| h2s | 576,10 | | kJ/kg αέρα | |  | wts | | | 706,92 | | kJ/kg αέρα | | |
| wcs | 277,92 | | kJ/kg αέρα | |  | wt | | | 600,8828 | | kJ/kg αέρα | | |
| wc | 326,97 | | kJ/kg αέρα | |  | wnet | | | 273,92 | | kJ/kg αέρα | | |
| h3 | 1515,42 | | kJ/kg αέρα | |  | Wnet | | | 3237,169 | | kJ/kg βιομάζας | | |
|  |  | |  | |  |  | | |  | |  | | |
| Δυναμικότητα | | 61,59 | | ΜWel | | |  | Χρόνος αποπλ. | | 5,00 | | έτη |
| Ειδική πάγια επένδυση | | 2586,183734 | | €/kWel | | |  | EBTD | | 31.856.601 | | € |
| Επιδότηση | | 63.713.189 | | € | | |  | Λειτουργικά έξοδα | | 49.072.617 | | € |
| Ίδια | | 95.569.784 | | € | | |  | Εργασία | | 3.695.398 | | € |
| Έσοδα | | 80.929.218 | | € | | |  | Λοιπά έξοδα | | 2.463.599 | | € |
|  | |  | |  | | |  | Έξοδα Α ύλης | | 42.913.620 | | € |
| Παραγωγή βιομάζας | | 450000 | | tn ξ. βιομ./έτος | | |  | κόστη παραγωγού | | 26,67 | | €/ξ.tn |
| Κόστος βιομάζας | | 95,36 | | €/ξ.tn | | |  | κέρδος παραγωγού | | 59,53 | | €/ξ.tn |
| Φορτίο βιομάζας | | 39 | | tn/δρομολόγιο | | |  |  | |  | |  |
|  | | 31,2 | | ξ.tn/δρομολόγιο | | |  |  | |  | |  |
| Κόστος μεταφοράς | | 9,16 | | €/ξ.tn | | |  | Περιθώριο παραγωγού | | 89,3 | | €/στρ |

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 βιομάζα

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

Θερμοδυναμικές ιδιότητες αέρα

298 Κ h = 298,18 kJ/kg Pr = 1,3543

1400 Κ h = 1515,42 kJ/kg Pr = 450,5

Pr = 13,5 h = 575,79 kJ/kg Pr = 43,35 h = 800,03 kJ/kg

Pr = 14,38 h = 586,04 kJ/kg Pr = 47,75 h = 821,95 kJ/kg

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