|  |
| --- |
| ΔΠΘ ΑΠΕ  Τμ. Μηχανικών Περιβάλλοντος 10 Ιουνίου 2014 |

ΘΕΜΑ 1Ο (8 μονάδες)

Σε περιοχή με μέση ετήσια ταχύτητα ανέμου 11 m/s, να υπολογιστεί η ετήσια παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από Α/Γ ύψους 60 m και μήκους πτερυγίων 35 m, που έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά: ταχύτητα έναρξης 5 m/s, ονομαστική ταχύτητα 10 m/s, ταχύτητα αποκοπής 20 m/s, ονομαστική απόδοση 30 %, ηλεκτρική απόδοση 90 %, ενώ ο συντελεστής τραχύτητας του εδάφους είναι 0,15. Αν στην περιοχή αυτή εγκατασταθούν 25 Α/Γ των παραπάνω χαρακτηριστικών, να υπολογιστεί η ετήσια ηλεκτροπαραγωγή και το κόστος εγκατάστασης του αιολικού πάρκου καθώς και η τιμή με την οποία θα πρέπει να διαθέτει την ηλεκτρική MWh, προκειμένου το κόστος αυτό να αποπληρωθεί σε 6 έτη.

ΛΥΣΗ

c = 12.22 m/s λ = 0.082 s/m A = 3848 m2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| vi, m/s | vhi, m/s | hi | Phi, kW/m2 | n | P\*oi, kW/m2 | Poi, MW | t, h | Eoi, MWh | Eel, MWh |
| 1 | 1.3 | 0.013 | 0.0 | 0,0 | 0.000 | 0.000 | 117 | 0.000 | 0.000 |
| 2 | 2.6 | 0.026 | 0.0 | 0,0 | 0.000 | 0.000 | 228 | 0.000 | 0.000 |
| 3 | 3.9 | 0.038 | 0.0 | 0,0 | 0.000 | 0.000 | 331 | 0.000 | 0.000 |
| 4 | 5.2 | 0.048 | 0.1 | 0.3 | 0.026 | 0.101 | 421 | 42.721 | 38.449 |
| 5 | 6.5 | 0.057 | 0.2 | 0.3 | 0.051 | 0.198 | 496 | 98.200 | 88.380 |
| 6 | 7.9 | 0.063 | 0.3 | 0.3 | 0.089 | 0.342 | 553 | 189.173 | 170.255 |
| 7 | 9.2 | 0.068 | 0.5 | 0.3 | 0.141 | 0.543 | 591 | 321.256 | 289.130 |
| 8 | 10.5 | 0.070 | 0.7 | - | 0.184 | 0.707 | 611 | 432.287 | 389.058 |
| 9 | 11.8 | 0.070 | 1.0 | - | 0.184 | 0.707 | 614 | 434.011 | 390.610 |
| 10 | 13.1 | 0.069 | 1.4 | - | 0.184 | 0.707 | 600 | 424.640 | 382.176 |
| 11 | 14.4 | 0.066 | 1.8 | - | 0.184 | 0.707 | 574 | 405.846 | 365.261 |
| 12 | 15.7 | 0.061 | 2.4 | - | 0.184 | 0.707 | 537 | 379.562 | 341.606 |
| 13 | 17.0 | 0.056 | 3.0 | - | 0.184 | 0.707 | 492 | 347.827 | 313.044 |
| 14 | 18.3 | 0.050 | 3.8 | - | 0.184 | 0.707 | 442 | 312.645 | 281.381 |
| 15 | 19.6 | 0.045 | 4.6 | - | 0.184 | 0.707 | 390 | 275.870 | 248.283 |
| 16 | 20.9 | 0.039 | 5.6 | 0,0 | 0.000 | 0.000 | 338 | 0.000 | 0.000 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | 3297.63 |

Poi nominal = 707 kW Συνολική Ηλεκτρική Παραγωγή = 82441 MWh/έτος

κΑ/Γ = 741.25 €/kW ΚΑ/Γ = 524178.09 € κΑ/Γολ = 1174.7 €/kW

ΚΑ/Γολ = 830705.2 € ΚΑΠ = 20767630.4 € τιμή = 41.98 €/MWh

ΘΕΜΑ 2Ο (4 μονάδες)

Να υπολογιστεί το ειδικό κόστος μεταφοράς (€/τν) της αγροτικής βιομάζας και της ξηρής αγροτικής βιομάζας (€/ξ.τν) σε απόσταση 200 χλμ, αν η υγρασία της είναι 5 ή 35 %. Δίνονται:

Μέγιστη χωρητικότητα φορτηγού 40 τόνοι Χρήση καυσίμου (Diesel) 45 L/100 km

Μέγιστη χωρητικότητα φορτηγού 130 m3 Κόστος καυσίμου 1,5 €/lt

Μέση ταχύτητα 65 Km/h Οδηγός/συντήρηση/απόσβεση/κέρδος 25 €/h

Κόστος φορτοεκφόρτωσης 0,5 €/μ3 Διάρκεια φορτοεκφόρτωσης 1 min/μ3

Φαινόμενη πυκνότητα βιομάζας 0,15/Χ τν/μ3, όπου Χ το ποσοστό των ξηρών στερεών στη βιομάζα.

ΛΥΣΗ

Υγρασία 5 % φαινόμενη πυκνότητα 0,15/0,95 = 0,158

35 = 0,231

Για 35 % υγρασία, τα 130 μ3 έχουν βάρος 30 τν, οπότε σε κάθε περίπτωση η μεταφορική ικανότητα περιορίζεται από τον όγκο του φορτηγού. Το κόστος ενός δρομολογίου 200 χλμ με επιστροφή είναι:

(2\*200/65+130/60)\*25+2\*200\*45/100\*1,5+130\*0,5 = 543,01 €

Οπότε τα αντίστοιχα ειδικά κόστη είναι:

Υγρασία τν/δρομολόγιο €/τν ξ.τν/δρομολόγιο €/ξ.τν

5 % 0,158\*130 =20,5 26,5 0,95\*20,5= 19,5 27,9

35 0,231\*130 =30,0 18,1 0,65\*30,0=19,5 <<

ΘΕΜΑ 3Ο (10 μονάδες)

Βιομάζα με ξηρή και ελεύθερη τέφρας στοιχειακή σύσταση: C 48 %, H 6 % και O 46 % τροφοδοτείται με ρυθμό 10 χιλιάδες tn/έτος σε καυστήρα. Τα απαέρια εξέρχονται σε θερμοκρασία 125 οC και περιέχουν 0,2 % CO, ενώ τροφοδοτείται 50 % περίσσεια αέρα. Να υπολογιστεί η ωφέλιμη θερμική ισχύς και η απόδοση του καυστήρα ως προς την ΚΘΔ της τροφοδοτούμενης βιομάζας, αν η υγρασία της τελευταίας είναι 10 % και η τέφρα 5 %. Θερμοχωρητικότητες O2, N2, H2, CO2, CO, H2O, CH4: 0,035, 0,027, 0,028, 0,043, 0,028, 0,034, 0,022 kJ/molK.

ΛΥΣΗ

Σύσταση ξηρής και ελεύθερης τέφρας βιομάζας

% κ.β. gr/kg mol/kg

C 0,48 480 40,00

H 0,06 60 60,00

O 0,46 460 28,75

ΑΘΔ ξετ βιομάζας = 33.890,4 x 0,48 + 144.180,6 x (0,06 – 0,46/8) = 16627,84 kJ/kg ξετ βιομάζας

ΑΘΔ βιομάζας = (ΑΘΔ ξετ βιομάζας) \*(1 – 5/100 – 10/100) = 14133,67 kJ/kg βιομάζας

Περιεχόμενη υγρασία = (10/100)\*1000/18 = 5,56 mol/kg βιομάζας

Παραγόμενη υγρασία = (1 – 5/100 – 10/100)\*60,00 / 2 = 25,50 mol/kg βιομάζας

Ολική εξερχόμενη υγρασία =31,06 mol/kg βιομάζας

ΚΘΔ βιομάζας = 14133,67 – 28,06 \*40,7 =12869,71 kJ/kg βιομάζας

Θερμότητα σχηματισμού ξετ βιομάζας = 7686,16 kJ/kg ξετ βιομάζας

Οξυγόνο για πλήρη καύση = 34,53 mol O2/kg βιομάζας

Τροφοδοσία Οξυγόνου = (150/100)\*30,47 = 51,80 mol O2/kg βιομάζας

Τροφοδοσία Αζώτου = (79/21)\* 42,97 = 194,85 mol Ν2/kg βιομάζας

Σύσταση απαερίων

CO2 (1 – 0,05 – 0,10)\*40,00 – 0,55 = 33,45 mol/kg βιομάζας

H2O (1 – 0,05 – 0,10)\*60/2 + 5,56 = 31,06 mol/kg βιομάζας

CO = 0,55 mol/kg βιομάζας

O2 = 17,54 mol/kg βιομάζας

N2 = 194,85 mol/kg βιομάζας

Παραγόμενη θερμότητα:

33,45\*393,5 + 31,06\*285,8 +0,55\*110,5 – 0,85\*7686,16 – 5,56\*285,8 = 14745,5 kJ/kg βιομάζας

Απώλειες καυσαερίων:

(33,45\*0,043 +31,06\*0,034 + 0,55\*0,028 + 17,54\*0,035 + 194,85\*0,027)\*(125 – 25) = 838,47 kJ/kg βιομάζας

Λανθάνουσα θερμότητα: 31,06\*40,7 = 1263,96 kJ/kg βιομάζας

Ωφέλιμη θερμότητα: 14745,5 – 838,47 – 1263,96 = 12643,07 kJ/kg βιομάζας

Ωφέλιμη θερμική ισχύς: 12643,07 \*60.000.000/(365\*24\*3600) 4.009 kW

Απόδοση: 100\*12643,07/12991,81 = 93,46 %

ΘΕΜΑ 4Ο (10 μονάδες)

Να υπολογισθούν η σύσταση και η ειδική ΚΘΔ σε kJ/lt και η θερμοκρασία του αερίου που παράγεται από την αεριοποίηση βιομάζας με σύσταση 55 % C, 7 % H, 38 % O, τέφρα 5 %, υγρασία 5 % αν ως μέσο αεριοποίησης χρησιμοποιηθεί παροχή καθαρού οξυγόνου 25 % του οξυγόνου που απαιτείται για πλήρη καύση και διπλάσια ποσότητα υδρατμού. Το μέσο αεριοποίησης (οξυγόνο + ατμός) εισέρχεται στον αεριοποιητή στους 800 oC και η έκταση της αεριοποίησης είναι 100 % του ξηρού και ελεύθερου τέφρας μέρους της βιομάζας. Το παραγόμενο αέριο περιέχει Η2, CO, CO2 και 5 % CH4. (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 Ο2, H2, CO2, CO, CH4, Η2Ο, 0,035, 0,028, 0,043, 0,028, 0,022, 0,034 kJ/molK).

ΛΥΣΗ

Σύσταση ξετ βιομάζας

% κ.β. gr/kg ξετ βιομάζας mol/kg ξετ βιομάζας

C 0,55 550 550/12 = 45,83

H 0,07 70 70/1 = 70,00

O 0,38 380 380/16 = 23,75

ΑΘΔ ξετ βιομάζας = 33.890,4 x 0,55 + 144.180,6 x (0,07 – 0,38/8) = 21.883,78 kJ/kg ξετ βιομάζας

ΑΘΔ βιομάζας = (ΑΘΔ ξετ βιομάζας) \*(1 – 5/100 – 5/100) = 19.695,41 kJ/kg βιομάζας

Περιεχόμενη υγρασία = (5/100)\*1000/18 = 2,78 mol/kg βιομάζας

Παραγόμενη υγρασία = (1 – 5/100 – 5/100)\*70,00 / 2 = 31,50 mol/kg βιομάζας

Ολική εξερχόμενη υγρασία =34,28 mol/kg βιομάζας

ΚΘΔ βιομάζας = 19695,41 – 34,28\*40,7 =18.300,21 kJ/kg βιομάζας

Θερμότητα σχηματισμού ξετ βιομάζας = 45,83\*393,5 +(70,00/2)\*285,8 – 21883,78 = 6.154,63 kJ/kg ξετ βιομ.

Οξυγόνο για πλήρη καύση = (1 – 5/100 – 5/100)\*(45,83 + 70,00/4 – 23,75/2) = 46,31 mol O2/kg βιομ.

Τροφοδοσία Οξυγόνου = (25/100)\*46,31 = 11,58 mol O2/kg βιομ.

Τροφοδοσία ατμού = 2\*11,58 = 23,16 mol Η2Ο/kg βιομ.

Ισοζύγιο μάζας στον αεριοποιητή

ΕΙΣΟΔΟΣ ΑΕΡΙΟ

C (1 – 0,05 – 0,05)\*45,83 = 41,25 mol/kg βιομ. C 41,25 mol/kg βιομ.

O (1 – 0,05 – 0,05)\*23,75 + 2,78 + 23,16 + 2\*11,58 =70,47 mol/kg βιομ. O 70,47 mol/kg βιομ.

H (1 – 0,05 – 0,05)\*70,00 + 2\*2,78 + 2\*23,16 =114,87 mol/kg βιομ. H 114,87 mol/kg βιομ.

Σύσταση παραγόμενου αερίου

Η2 (114,87/2) – 2\*(5/100)\*(41,25)/(1 + 2\*(5/100)) =48,46 mol/kg βιομάζας

CO 41,25 – 33,70 – 4,49 = 3,06 mol/kg βιομάζας

CO2 70,47 – 41,25 + 4,49 = 33,70 mol/kg βιομάζας

CH4 (5/100)\*(41,25 + 48,46) = 4,49 mol/kg βιομάζας

ΣΥΝΟΛΟ = 89,71 mol/kg βιομάζας

Όγκος αερίου 89,71\*22,4 = 2.010 lt/ kg βιομάζας

ΚΘΔ αερίου 48,46\*241,8 + 3,06\*(393,15 – 110,5) + 4,49\*(393,5 +2\*241,8 – 74,5) = 16.185,42 kJ/kg βιομ.

ειδική ΚΘΔ αερίου 16.185,42/2010 = 8,054 KJ/ lt

Ισοζύγιο ενέργειας στον αεριοποιητή

Θερμότητα αντίδρασης 3,06\*110,5+33,70\*393,5+4,49\*74,5-(1-0,05-0,05)\*6154,63-(2,78+23,16)\*285,8 =

= 982,89 kJ/kg βιομ.

Λανθάνουσα θερμότητα εισερχόμενης υγρασίας 2,78\*40,7 = 113,06 kJ/kg βιομ.

Αισθητή θερμότητα μέσου αεριοποίησης 11,58\*0,035\*(800-25)+23,16\*0,034\*(800-25) = 924,22 kJ/kg βιομ.

Αισθητή θερμότητα παραγόμενου αερίου 982,89-113,06+924,22 = 1794,05 kJ/kg βιομ.

Θερμοκρασία παραγόμενου αερίου

48,46\*0,027\*(Τ-298)+3,06\*0,028\*(Τ-25)+33,70\*0,043\*(Τ-25)+4,49\*0,022\*(Τ-25) = 1794,05 ⬄ Τ = 898 Κ

= 625 oC