ΘΕΜΑ 1Ο (12 μονάδες)

Η κατανάλωση πετρελαίου θέρμανσης (θερμογόνος δύναμη 36 ΜJ/lt) μίας κωμόπολης, το διάστημα 1 Οκτωβρίου έως 15 Μαΐου, ανέρχεται σε 10.000.000 lt. Αν οι θερμικές ανάγκες της πόλης πρόκειται να καλυφθούν από γεωθερμικό ταμιευτήρα 300 oC και πίεσης 40 MPa, μέσω μονάδας συμπαραγωγής με στρόβιλο που λειτουργεί στα 4 MPa (πίεση κεφαλής της γεώτρησης και του διαχωριστή), με ισεντροπική απόδοση 90 % και συμπυκνωτή που λειτουργεί στα 10 kPa (η θερμότητα που απορρίπτεται στον συμπυκνωτή είναι πολύ χαμηλής θερμοκρασίας και δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θέρμανση), να υπολογιστεί η απαιτούμενη θερμική ισχύς, η θερμοκρασία και η κατάσταση του γεωθερμικού ρευστού στον διαχωριστή, η ακτίνα της γεώτρησης και η ετήσια ηλεκτροπαραγωγή.

Δίνονται:

Tsat, oC Psat, kPa uf, kJ/kg ug, kJ/kg hf, kJ/kg hg, kJ/kg sf, kJ/kg K sg, kJ/kgK

300 oC 8588 1332,7 2563,6 1344,8 2749,6 3,2548 5,7059

4 MPa 250,35 1082,4 2601,7 1087,4 2800,8 2,7966 6,0696

10 kPa 45,81 191,79 2437,2 191,81 2583,9 0,6492 8,1488



**ΛΥΣΗ**

Θερμικές ανάγκες της πόλης: 10.000.000\*36/((31+30+31+31+28+31+30+15)\*24\*3600) = 18,36 MW

Ταμιευτήρας: Pt = 40 MPa Tt = 300 oC συμπιεσμένο νερό ht = 1344,8 kJ/kg

Κεφαλή / Ph = 4 MPa Tt = 250,35 oC κορ. μίγμα hh = 1344,8 kJ/kg

Διαχωριστής x = (1344,8-1087,4)/(2800,8-1087,4) = 15,02 %

Μαζική παροχή γεώτρησης; (18,36\*1000/1087,4)/(1-0,1502) = 19,87 kg/sec

Μαζική ροή γεώτρησης: (765000\*(400 – 40)^(-0,18))/1344,8 = 197,18 kg/m2/sec

Ακτίνα γεώτρησης: ((19,87/197,18)/π)^0,5 = 0,179 m

Ατμοστρόβιλος

Μαζική παροχή: 19,87\*0,1502 = 2,98 kg/sec

Είσοδος: h1 = 2800,8 kJ/kg s1 = 6,0696 kJ/kgK

Έξοδος: s2ideal = 6,0696 kJ/kgK P2 = 10 kPa

s2l = 0,6492 kJ/kgk s2g = 8,1488 kJ/kgK

x = (6,0696-0,6492)/(8,1488-0,6492) = 0,723

h2l = 191,81 kJ/kg h2g = 2583,9 kJ/kg

h2ideal = 0,723\*2583,9 + (1-0,723)\*191,81 = 1921,29 kJ/kg

Ιδανικό έργο: wideal = 2800,8-1921,29 = 879,5 kJ/kg

Πραγματικό έργο: w = 0,9\*879,5 = 791,56 kJ/kg

Ηλεκτρική ισχύς: W’ = 791,56\*2,98 = 2,36 ΜW

Ετήσια ηλεκτροπαραγωγή: Ε = 2,36\*365\*24 = 20,7 GWh

ΘΕΜΑ 2Ο (12 μονάδες)

Στην περιοχή της Ξάνθης (φ = 41,13ο) η ηλεκτροπαραγωγή Φ/Β σταθμού ισχύος 1,2 MWp από μονοκρυσταλλικά Φ/Β πλαίσια διαστάσεων 0,644mx1,282m, σταθερής κλίσης 34ο και ονομαστικής ΜΡΡ 120 Wp, είναι (kWh/m2):

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ιαν | Φεβ | Μαρ | Απρ | Μαι | Ιουν | Ιουλ | Αυγ | Σεπ | Οκτ | Νοε | Δεκ | ΣΥΝΟΛΟ |
| 4,01 | 6,62 | 11,07 |  | 16,29 | 16,11 | 16,78 | 16,74 | 14,27 | 10,77 | 6,42 | 4,18 |  |

Να υπολογισθεί η ετήσια ηλεκτροπαραγωγή (MWh) και η απαιτούμενη τιμή διάθεσης της ηλεκτρικής MWh, ώστε ο χρόνος αποπληρωμής της επένδυσης να είναι 5 έτη. Δίνονται για τον μήνα Απρίλιο: ΑΜ = 2,71, K = 0,45, συντελεστής επίδρασης νεφώσεων 0,8 και Τα = 21 oC, ενώ η πρόβλεψη για τον ετήσιο πληθωρισμό είναι 2 %. Τα στοιχεία κόστους του σταθμού είναι:

€/kWp

Φ/Β πλαίσια 700 ηλεκτρονικά ισχύος 300

εγκατάσταση/σύνδεση 300 βάσεις στήριξης 300

Ετήσια λειτουργικά κόστη 10

**ΛΥΣΗ**

ν = 105 ΙΟΑVE = 1.373 W/m2 Ιον = ΙOAVE (1 + 0,0333 x συν (360v/365)) = 1362 W/m2

δν = 23,45 . ημ(360\*(284+ν)/365) = 9,41ο ωΔ = τοξσυν (-εφφ.εφδν) = 98,33ο

 = 9,578 kWh/d/m2

Hom = 30\*Hoν = 287,347 kWh/month/m2  ΗΗ = Ι = 1,1 \* ΗΟΜ \* 0,7(0,678ΑΜν15) = 164,129 kWh/month/m2

ωΔκ = min{ωΔ, τοξσυν [– εφ(φ – β) ⋅ εφδ]} = 91,19o

 = 1,10

 = 0,91  = 0,09

ΗΔ/ΗΗ = 1,727 Κ2 – 2,965 Κ + 1,446 = 0,46

 = 1,02

ΗΗκ = RΗ x ΗΗ = 166,625 kWh/month/m2 HHκ\* = 0,8\*ΗΗκ = 133,30 kWh/month/m2

Ημερήσιο HHκ\* = 133,30/30 = 4,443 kWh/d/m2 T = 2\*ωΔ/15 = 13,11 h

I = 4,443/13,11 = 0,339 kW/m2 ηΙ = - 0,446 x Ι2 + 0,96 x I + 0,48 = 0,754

ΤΦΒ = Τα + hw x I = 31,17 oC ηT = - 0,00002 x T2 - 0,001 x T + 1,042 = 0,99

nn = 120/(1000\*0,644\*1,282) = 0,1453 n = nn\*nI\*nT = 0,109

Ee = n\*HHk\*= 14,49 kWh/month/m2

Ετήσια ειδική: 4,01+6,62+11,07+14,49+16,29+16,11+16,78+16,74+14,27+10,77+6,42+4,18 =

ηλεκτροπαραγωγή: = 137,74 kWh/m2

Πλαίσια: 1200\*1000/120 = 10.000

Εμβαδόν: 10.000\*0,644\*1,282 = 8256 m2

Ετήσια ηλεκτροπαραγωγή: 8256\*137,74 = 1137 MWh

Κόστος εγκατάστασης σταθμού: Φ/Β πλαίσια 700\*1200 = 840.000 €

ηλεκτρονικά ισχύος 300\*1200 = 360.000 €

εγκατάσταση/σύνδεση 300\*1200 = 360.000 €

βάσεις στήριξης 300\*1200 = 360.000 €

1.920.000 €

Τιμή διάθεσης (Χ) της MWh Παρούσα αξία Παρούσα αξία

για αποπληρωμή σε 5 έτη Έτος λειτουργικών εσόδων

0 12000 1137\*Χ/(1,02^0) = 1137Χ

1 12000 1137\*Χ/(1,02^1) = 1115Χ

2 12000 1137\*Χ/(1,02^2) = 1093Χ

3 12000 1137\*Χ/(1,02^3) = 1072Χ

4 12000 1137\*Χ/(1,02^4) = 1051Χ

-1.920.000 – 5\*12.000 + (1137+1115+1093+1072+1051)Χ = 0 ⬄ Χ = 362 €/MWh

ΘΕΜΑ 3Ο (6 μονάδες)

**Ερώτηση 1.** Οικία δαπάνησε τον χειμώνα 3000 € για τη θέρμανση της από καυστήρα (απόδοση 85 %) πετρελαίου (ΚΘΔ 36 ΜJ/lt, τιμή 1,4 €/lt). Η αντίστοιχη δαπάνη αν είχε χρησιμοποιήσει αντλία θερμότητας με συντελεστή λειτουργίας 4,5 (τιμή ηλεκτρικής ενέργειας 170 €/MWh και 1 MWh = 3600 MJ) είναι:

Α. 809 € Β. 667 €

Γ. 688 € **Δ. 773 €**

Κατανάλωση πετρελαίου: 3000/1,4 = 2142,86 lt

Θερμικό περιεχόμενο πετρελαίου: 2142,86 \* 36 = 77.142,86 MJ

Ωφέλιμη θερμότητα: 0,85 \* 77.142,86 = 65.571,43 MJ 65.571,43/3600 = 18,21 MWh

Ηλεκτρική κατανάλωση: 18,21/4 = 4,55 ΜWh Δαπάνη: 4,55 \* 170 = 773,93 €

**Ερώτηση 3.** Σε γεωθερμική αντλία θερμότητας οι ενθαλπίες στην είσοδο και την έξοδο του συμπυκνωτή είναι 285 και 95 kJ/kg, αντίστοιχα, ενώ η ενθαλπία στην έξοδο του εξατμιστή 250 kJ/kg. Ο συντελεστής λειτουργίας της αντλίας είναι:

COPhp = (285 – 95)/(285 – 250) = 5,4

Α. 5,4 ΣΩΣΤΗΒ. 3,0

Γ. 8,14 Δ. 8,14 kJ/kg

**Ερώτηση 4.** Γεωθερμική αντλία θερμότητας χρησιμοποιείται για τη θέρμανση οικίας στους 20 oC, όταν το έδαφος έχει θερμοκρασία 10 oC. Οι θερμοκρασίες του ψυκτικού πριν (1) και μετά (2) τον συμπυκνωτή και πριν (3) και μετά τον εξατμιστή (4), αναμένεται να είναι:

Α. 1: 0 oC, 2: 0 oC, 3: 30 oC, 4: 30 oC Β. 1: > 30 oC, 2: 30 oC, 3: 10 oC, 4: 10 oC

**Γ. > 30 oC, 2: 30 oC, 3: 0 oC, 4: 0 oC** Δ. < 10 oC, 2: 10 oC, 3: 20 oC, 4: 20 oC

**Ερώτηση 5.** Συμβατική αντλία θερμότητας παρέχει θερμότητα 20 kJ/kg και έχει συντελεστή λειτουργίας 4,0, όταν η εξωτερική θερμοκρασία είναι 10 oC. Θεωρώντας ότι οι θερμοκρασίες του ψυκτικού πριν και μετά τον συμπυκνωτή δεν μεταβάλλονται, όταν η εξωτερική θερμοκρασία πέσει στους -10 oC, ο συντελεστής λειτουργίας γίνεται (ενθαλπίες ψυκτικού: 20 oC → 262 kJ/kg, 10 oC → 256 kJ/kg, 0 oC → 250 kJ/kg, -10 oC → 245 kJ/kg, -20 oC → 238 kJ/kg):

4 = 20/(h1 – 250) ⬄ h1 = 255 COP = 20/(255 – 238) = 1,2

Α. 4,0 Β. 2,0

**Γ. 1,2** Δ. 2,0 kJ/kg