

ΓΡΑΠΤΕΣ ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΛΗΡΩΣΗ ΤΕΣΣΑΡΩΝ (4) ΜΟΝΙΜΩΝ ΘΕΣΕΩΝ ΠΡΩΤΟΥ ΔΙΟΡΙΣΜΟΥ, ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ, ΚΛΙΜΑΚΑΣ Α9-Α11-Α12 ΣΤΗ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΗ ΑΡΧΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΥΠΡΟΥ (ΡΑΕΚ)

Θέμα: Ειδικό Θέμα (Μέρος Β) για Μηχανικούς Ενέργειας (Μηχανολογίας)

Ημερομηνία Εξέτασης: 5 Σεπτεμβρίου 2020

Διάρκεια Εξέτασης: 45 λεπτά

ΟΔΗΓΙΕΣ ΠΡΟΣ ΤΟΥΣ ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΟΥΣ

- Το εξεταστικό δοκίμιο αποτελείται από δύο μέρη (Μέρος Α και Μέρος Β). Το Μέρος Α βαθμολογείται με σαράντα (40) μονάδες και το Μέρος Β βαθμολογείται με εξήντα (60) μονάδες. Να απαντήσετε και στα **ΔΥΟ ΜΕΡΗ** και σε **ΟΛΕΣ** τις ερωτήσεις.
- Βεβαιωθείτε ότι το εξεταστικό δοκίμιο αποτελείται από **έξι (6) σελίδες** συμπεριλαμβανομένου του **τυπολογίου** και ότι τα κείμενα είναι ευανάγνωστα.
- Επιτρέπεται η χρήση υπολογιστικής μηχανής που να μην επιδέχεται προγραμματισμό.
- Όλες οι απαντήσεις **γράφονται μέσα στο τετράδιο απαντήσεων** και **ΟΧΙ** στο εξεταστικό δοκίμιο. Για κάθε απάντηση σημειώνετε τον αριθμό της αντίστοιχης ερώτησης.
- **Γράφετε ΜΟΝΟ με στυλό χρώματος μπλε.**
- Απαγορεύεται η σημείωση ονομαστικών ή άλλων διακριτικών στοιχείων μέσα στο τετράδιο απαντήσεων, τα οποία είναι **δυνατό να αποκαλύψουν την ταυτότητά σας.**
- Δεν επιτρέπεται η χρήση διορθωτικού υλικού. Διαγραφές γίνονται με **XXXX**.
- Απαγορεύεται η αφαίρεση ή το σχίσιμο σελίδων από το τετράδιο απαντήσεων.
- Για πρόχειρες σημειώσεις μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τις τελευταίες εσωτερικές σελίδες του τετραδίου απαντήσεων, σημειώνοντας στο πάνω περιθώριο τη λέξη **ΠΡΟΧΕΙΡΟ**.
- Δεν επιτρέπεται να υποβάλετε διευκρινιστικές ερωτήσεις για το περιεχόμενο του εξεταστικού δοκιμίου.
- Δεν επιτρέπεται να εγκαταλείψετε την αίθουσα πριν περάσουν **30 λεπτά από την ώρα έναρξης της εξέτασης.**
- Με τη συμπλήρωση του χρόνου εξέτασης σταματάτε να γράφετε και παραμένετε στις θέσεις σας. Ο επιτηρητής θα σας καλέσει να παραδώσετε το γραπτό σας.

ΜΕΡΟΣ Α' (40 μονάδες)

- Το Μέρος Α αποτελείται από οκτώ (8) ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής.
- Σε κάθε ερώτηση υπάρχει μόνο μια σωστή απάντηση.
- Για κάθε σωστή απάντηση στις ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής παίρνετε 5 μονάδες.
- Για κάθε λανθασμένη απάντηση στις ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής δεν παίρνετε ούτε σας αφαιρείται οποιαδήποτε μονάδα.
- Απαντήστε την κάθε ερώτηση σε ξεχωριστή γραμμή με τη μορφή **Ερώτηση 1 → (β)** για να δείξετε ότι η σωστή επιλογή για την ερώτηση 1 είναι το (β).

Ερώτηση 1:

Σε αξονικό αεριοστρόβιλο (gas-turbine) ανοικτού κύκλου, ο συμπιεστής (compressor) αναρροφά ατμοσφαιρικό αέρα με θερμοκρασία 298 K και πίεση 1.013 bar. Ο συμπιεστής συμπιέζει τον αέρα σε πίεση 11.73 bar. Ο συμπιεστής έχει ισεντροπικό βαθμό απόδοσης (isentropic efficiency) ίσο με 75.1 %. Δίνεται ο εκθέτης ισεντροπικής μεταβολής (ratio of specific heats) του αέρα $\gamma=1.4$. Η πλησιέστερη τιμή της θερμοκρασίας του αέρα σε βαθμούς Kelvin στην έξοδο του συμπιεστή είναι:

- α) 500 K
- β) 600 K
- γ) 700 K
- δ) 800 K

Ερώτηση 2:

Μονοκύλινδρος κινητήρας ντίζελ (Diesel) έχει διάμετρο κυλίνδρου 200 mm και διαδρομή εμβόλου 213 mm. Κατά τη διαδρομή εκτόνωσης (expansion stroke), η πίεση του κυλίνδρου έχει μέση τιμή ίση με 15 bar. Το έργο που δίδεται από τα αέρια της καύσης στο έμβολο του κινητήρα κατά τη διαδρομή της εκτόνωσης, έχει την πιο κάτω πλησιέστερη τιμή σε KJ:

- α) 5 KJ
- β) 10 KJ
- γ) 20 KJ
- δ) 40 KJ

Ερώτηση 3:

Φυγοκεντρική αντλία (centrifugal pump) εξυπηρετεί αντλητικό σύστημα νερού σε σταθερές συνθήκες λειτουργίας. Από τις χαρακτηριστικές καμπύλες λειτουργίας (performance graphs) της αντλίας, δίνονται τα δεδομένα λειτουργίας της αντλίας για την εξυπηρέτηση του συστήματος, τα οποία είναι ύψος (Head) $H = 137$ m, παροχή (Flow rate) $Q = 0.9$ m³/s και βαθμός απόδοσης (Efficiency) $\eta = 0.71$. Επίσης, δίνονται η πυκνότητα του νερού $\rho = 1000$ Kg/m³ και η επιτάχυνση της βαρύτητας $g = 9.81$ m/s². Η ισχύς (power) που απαιτείται για τη λειτουργία της αντλίας έχει την πιο κάτω πλησιέστερη τιμή σε MW:

- α) 0.9 MW
- β) 1.2 MW
- γ) 1.3 MW
- δ) 1.7 MW

Ερώτηση 4

Αξονικός αεριοστρόβιλος (gas-turbine) ανοικτού κύκλου χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας καίγοντας φυσικό αέριο κατώτερης θερμογόνου δύναμης (lower heating value) 45 MJ/Kg. Εάν η ειδική κατανάλωση καυσίμου (specific fuel consumption) του αεριοστρόβιλου είναι 0.333 Kg/KWh, τότε η πλησιέστερη επί τοις εκατό τιμή του θερμικού βαθμού απόδοσής του είναι:

- α) 20%
- β) 22%
- γ) 24%
- δ) 26%

Ερώτηση 5:

Στην είσοδο ατμοστρόβιλου (steam-turbine), υπέρθερμος ατμός βρίσκεται σε αρχική Κατάσταση 1 (υψηλή πίεση και υψηλή θερμοκρασία) και εκτονώνεται σε Κατάσταση 2 στην έξοδο του ατμοστρόβιλου. Συγκριτικά με την Κατάσταση 1, ο ατμός σε Κατάσταση 2 θα έχει:

- α) Μικρότερη εντροπία και μικρότερη ενθαλπία
- β) Ίση εντροπία και μικρότερη ενθαλπία
- γ) Μεγαλύτερη εντροπία και μικρότερη ενθαλπία
- δ) Μεγαλύτερη εντροπία και μεγαλύτερη ενθαλπία

Ερώτηση 6:

Συμβατικός θερμοηλεκτρικός σταθμός ενέργειας που λειτουργεί σύμφωνα με τον απλό θερμοδυναμικό κύκλο ατμού (simple thermodynamic steam cycle) παράγει καθαρή ισχύ εξόδου (net power output) 80 MW και έχει ρυθμό εξόδου θερμότητας (heat output rate) στο συμπυκνωτή (condenser) ίση με 170 MW. Η πλησιέστερη επί τοις εκατό τιμή του θερμικού βαθμού απόδοσης του σταθμού είναι:

- α) 32%
- β) 36%
- γ) 47%
- δ) 53%

Ερώτηση 7:

Ως Μηχανικοί Ενέργειας της Ρυθμιστικής Αρχής Ενέργειας Κύπρου (ΡΑΕΚ) καλείστε να αξιολογήσετε τεχνικά σύγχρονες συμβατικές τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Ποια από τις πιο κάτω τεχνολογίες παρουσιάζει το μέγιστο θερμικό βαθμό απόδοσης;

- α) Μονάδα αεριοστρόβιλου (gas-turbine)
- β) Μονάδα με απλό θερμοδυναμικό κύκλο ατμού (simple thermodynamic steam cycle)
- γ) Συνδυασμένος κύκλος (combined-cycle) μονάδας αεριοστρόβιλου (gas-turbine) και μονάδας απλού θερμοδυναμικού κύκλου ατμού (simple thermodynamic steam cycle)
- δ) Μονάδα ζεύγους δίχρονου κινητήρα ντίζελ (diesel) και ηλεκτρογεννήτριας

Ερώτηση 8:

Στο πλαίσιο αξιοποίησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ), έγινε μελέτη για την εγκατάσταση υδροστροβίλου (hydraulic-turbine). Ο υδροστρόβιλος πρόκειται να εγκατασταθεί στη βάση υδάτινου φράγματος με σταθερό διαθέσιμο ύψος στάθμης νερού 150 m και σταθερό ρυθμό ροής όγκου νερού 7200 m³/h, όπου ο βαθμός απόδοσης του υδροστροβίλου είναι ίσος με 85%. Δίνονται η πυκνότητα του νερού $\rho = 1000 \text{ Kg/m}^3$ και η επιτάχυνση της βαρύτητας $g = 9.81 \text{ m/s}^2$. Η ισχύς εξόδου (power output) στον άξονα περιστροφής του υδροστροβίλου θα έχει την πιο κάτω πλησιέστερη τιμή σε MW:

- α) 1 MW
- β) 1.5 MW
- γ) 2.5 MW
- δ) 3 MW

ΜΕΡΟΣ Β' (60 μονάδες)

Το Μέρος Β αποτελείται από τρεις (3) ερωτήσεις. Κάθε ερώτηση βαθμολογείται με είκοσι (20) μονάδες. Απαντήστε και τις τρεις (3) ερωτήσεις.

Ερώτηση 9:

Ζεύγος κινητήρα και ηλεκτρογεννήτριας χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η ισχύς εξόδου (power output) από την ηλεκτρογεννήτρια είναι ίση με 1.5 MW και ο ηλεκτρικός βαθμός απόδοσης είναι 97.5%. Ο κινητήρας είναι τετράχρονος τύπου ντίζελ (diesel) με οκτώ κυλίνδρους και περιστρέφεται με $N = 3000$ στροφές ανά λεπτό (revolutions per minute (rpm)). Ο κινητήρας καταναλώνει 400 κιλά ανά ώρα (Kg/h) καύσιμο ντίζελ το οποίο έχει κατώτερη θερμογόνο δύναμη (lower heating value) 42500 KJ/Kg.

- α) Να σχεδιάσετε το σχηματικό διάγραμμα του ζεύγους κινητήρα και ηλεκτρογεννήτριας και να σημειώσετε τα βασικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κινητήρα (διάμετρος κυλίνδρου, διαδρομή εμβόλου, διάταξη βαλβίδων, διάταξη εμβόλου, διάταξη διωστήρα στροφάλου και στροφαλοφόρου άξονα). (5 μονάδες)
- β) Να σχεδιάσετε το τυπικό διάγραμμα πίεσης όγκου (p-v diagram) ενός κυλίνδρου του κινητήρα ντίζελ για πραγματικές συνθήκες λειτουργίας σε πλήρες φορτίο (full load). (5 μονάδες)
- γ) Να υπολογίσετε τη ροπή (torque) στο στροφαλοφόρο άξονα του κινητήρα σε Nm. (5 μονάδες)
- δ) Να υπολογίσετε το θερμικό βαθμό απόδοσης (thermal efficiency) του κινητήρα. (5 μονάδες)

Ερώτηση 10:

Σε σταθμό παραγωγής ενέργειας συνδυασμένου κύκλου (combined-cycle) μονάδας αεριοστροβίλου (gas-turbine) και μονάδας απλού θερμοδυναμικού κύκλου ατμού (simple thermodynamic steam cycle) από την καύση του παρεχόμενου καυσίμου στο συνδυασμένο κύκλο, ο ρυθμός εισόδου θερμότητας (heat input rate) είναι ίσος με 185 MW. Ο αεριοστρόβιλος είναι αξονικός, ανοικτού κύκλου και αναρροφά ατμοσφαιρικό αέρα τον

οποίο συμπιέζει με λόγο πίεσης 13/1 και στον άξονα περιστροφής του έχει καθαρή ισχύ εξόδου ίση με 55 MW. Α. Στον κύκλο ατμού, ο ατμοστρόβιλος (steam-turbine) στον άξονα περιστροφής του έχει ισχύ εξόδου ίση με 33 MW και η τροφοδοτική αντλία νερού (feed-water pump) καταναλώνει ισχύ εισόδου ίση με 0.5 MW. Στον κύκλο ατμού, ο υπέρθερμος ατμός (superheated steam) έχει θερμοκρασία 500°C και πίεση 90 bar και εκτονώνεται σε υγρό ατμό (wet steam) με πίεση 0.05 bar.

- α) Να σχεδιάσετε το διάγραμμα του συνδυασμένου κύκλου της μονάδας αεριοστρόβιλου και της μονάδας απλού θερμοδυναμικού κύκλου ατμού, σημειώνοντας τα κύρια μέρη με τα κατάλληλα σύμβολα. (5 μονάδες)
- β) Να σχεδιάσετε το διάγραμμα θερμοκρασίας-εντροπίας (T-s diagram) του αεριοστρόβιλου, χρησιμοποιώντας τα δεδομένα που δίνονται. (5 μονάδες)
- γ) Να σχεδιάσετε το διάγραμμα θερμοκρασίας-εντροπίας (T-s diagram) του απλού κύκλου ατμού, χρησιμοποιώντας τα δεδομένα που δίνονται. (5 μονάδες)
- δ) Να υπολογίσετε το θερμικό βαθμό απόδοσης του συνδυασμένου κύκλου. (5 μονάδες)

Ερώτηση 11:

Ως Μηχανικοί Ενέργειας της ΡΑΕΚ καλείστε να αναλύσετε οικονομικά σύγχρονες συμβατικές τεχνολογίες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιούνται σε θερμοηλεκτρικούς σταθμούς ενέργειας. Στα πλαίσια της ανάλυσης την οποία καλείστε να διεκπεραιώσετε, να απαντήσετε σε συντομία στα πιο κάτω ερωτήματα.

- α) Για ένα συμβατικό θερμοηλεκτρικό σταθμό, να εξηγήσετε τα κύρια χαρακτηριστικά του σταθερού κόστους και τα κύρια χαρακτηριστικά του μεταβλητού κόστους. (8 μονάδες)
- β) Ένας συμβατικός σταθμός αεριοστρόβιλου (gas-turbine) και ένας συμβατικός σταθμός συνδυασμένου κύκλου (combined-cycle) χρησιμοποιούν τον ίδιο τύπο καυσίμου και έχουν την ίδια ισχύ εξόδου. Να εξηγήσετε ποιος από τους δύο σταθμούς έχει το μικρότερο μεταβλητό κόστος. (6 μονάδες)
- γ) Έχετε να επιλέξετε μεταξύ ενός συμβατικού σταθμού αεριοστρόβιλου (gas-turbine) και ενός συμβατικού σταθμού απλού κύκλου ατμού (simple steam cycle). Να εξηγήσετε ποιος από τους δύο σταθμούς είναι ο καταλληλότερος για την κάλυψη της ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας κατά τις ώρες παραγωγής με φορτίο βάσης (μη αιχμής). (6 μονάδες)

ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ

$$\frac{T_{2s}}{T_1} = \left(\frac{p_{2s}}{p_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

$$n_C = \frac{T_{2s} - T_1}{T_2 - T_1}$$

$$n_P = \frac{\rho g Q H}{\dot{W}_P}$$

$$n_T = \frac{\dot{W}_T}{\rho g Q H_T}$$

$$sfc = \frac{\dot{m}_f (Kg/h)}{P_b (KW)}$$

$$n_{th} = \frac{P_b}{\dot{m}_f LHV (KJ/Kg)}$$

$$n_{el} = \frac{P_{el}}{P_b}$$

$$P_b = 2\pi NT$$

$$\sum \dot{W} + \sum \dot{Q} = 0$$

$$n_{th} = \frac{-\sum \dot{W}}{\dot{Q}_{in}}$$

$$n_{th,cc} = \frac{-(\dot{W}_C + \dot{W}_T + \dot{W}_{ST} + \dot{W}_P)}{\dot{Q}_{in}}$$

Τέλος του Εξεταστικού Δοκιμίου