

ΓΡΑΠΤΕΣ ΕΞΕΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΛΗΡΩΣΗ ΜΙΑΣ (1) ΜΟΝΙΜΗΣ ΘΕΣΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑ), ΚΛΙΜΑΚΑΣ Α9-Α11-Α12 ΣΤΗ ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΗ ΑΡΧΗ
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΥΠΡΟΥ (ΡΑΕΚ)

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

Ημερομηνία Εξέτασης: 6 Φεβ. 2021

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:

Τετρακύλινδρος κινητήρας ντίζελ (Diesel) έχει διάμετρο κυλίνδρου 90 mm και διαδρομή εμβόλου 85 mm. Ο βαθμός συμπίεσης (compression ratio) στους κυλίνδρους του κινητήρα είναι 19/1. Η πλησιέστερη τιμή του επιζήμιου όγκου (clearance volume) για κάθε κύλινδρο σε κυβικά εκατοστά (cm^3) είναι:

- α) 25 cm^3
- β) 30 cm^3
- γ) 100 cm^3
- δ) 120 cm^3

Ερώτηση 2:

Μονοκύλινδρος βενζινοκινητήρας (Otto) έχει διάμετρο κυλίνδρου 94.3 mm και διαδρομή εμβόλου 86 mm. Κατά την έναρξη της διαδρομής εκτόνωσης (expansion stroke), στο άνω νεκρό σημείο (ΑΝΣ) η πίεση του κυλίνδρου είναι ίση με 43 bar. Η πλησιέστερη τιμή της κάθετης δύναμης που εφαρμόζεται από τα αέρια της καύσης πάνω έμβολο στο ΑΝΣ σε kN, είναι:

- α) 20 kN
- β) 25 kN
- γ) 30 kN
- δ) 35 kN

Ερώτηση 3:

Αντλητικό σύστημα νερού υπό σταθερές συνθήκες λειτουργίας έχει σημείο λειτουργίας με ύψος (head) $H_s = 70 \text{ m}$ και με παροχή (flow rate) $Q_s = 1 \text{ m}^3/\text{s}$. Δύο ίδιες αντλίες Α είναι εγκατεστημένες παράλληλα, βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο και λειτουργούν ταυτόχρονα για να εξυπηρετούν το αντλητικό σύστημα νερού στο δεδομένο σημείο λειτουργίας. Το ύψος και η παροχή της κάθε αντλίας είναι:

- α) $H_A = 35 \text{ m}$ και $Q_A = 0.5 \text{ m}^3/\text{s}$
- β) $H_A = 35 \text{ m}$ και $Q_A = 1 \text{ m}^3/\text{s}$
- γ) $H_A = 70 \text{ m}$ και $Q_A = 0.5 \text{ m}^3/\text{s}$
- δ) $H_A = 70 \text{ m}$ και $Q_A = 1 \text{ m}^3/\text{s}$

Ερώτηση 4:

Σε αξονικό αεριοστρόβιλο ανοικτού κύκλου, ατμοσφαιρικός αέρας εισέρχεται στην είσοδο του συμπιεστή με θερμοκρασία 15°C και πίεση 1 bar, και στη συνέχεια εξέρχεται από τον συμπιεστή με θερμοκρασία 422°C και πίεση 11.1 bar. Δίνεται ο εκθέτης ισεντροπικής μεταβολής (ratio of specific heats) του αέρα $\gamma=1.4$. Η πλησιέστερη τιμή του ισεντροπικού βαθμού απόδοσης (isentropic efficiency) του συμπιεστή επί τοις εκατό είναι:

- α) 65%
- β) 70%
- γ) 75%
- δ) 80%

Ερώτηση 5:

Σε αξονικό αεριοστρόβιλο (gas-turbine) ανοικτού κύκλου, τα αέρια της καύσης εισέρχονται στο στρόβιλο (turbine) με θερμοκρασία T_3 και με πίεση $p_3 = 14$ bar. Στην έξοδο του στρόβιλου, τα αέρια έχουν θερμοκρασία 597°C και πίεση 1 bar. Ο στρόβιλος έχει ισεντροπικό βαθμό απόδοσης (isentropic efficiency) ίσο με 75.3%. Δίνεται ο εκθέτης ισεντροπικής μεταβολής (ratio of specific heats) των αερίων $\gamma=1.3$. Η πλησιέστερη τιμή της θερμοκρασίας T_3 των αερίων της καύσης στην είσοδο του στρόβιλου σε βαθμούς Kelvin είναι:

- α) 1000 K
- β) 1100 K
- γ) 1200 K
- δ) 1300 K

Ερώτηση 6:

Σταθμός παραγωγής ενέργειας συνδυασμένου κύκλου (combined-cycle) περιλαμβάνει μονάδα αεριοστρόβιλου (gas-turbine) μαζί με μονάδα απλού θερμοδυναμικού κύκλου ατμού (simple thermodynamic steam cycle) και έχει θερμικό βαθμό απόδοσης 50%. Στον κύκλο ατμού, η καθαρή ισχύς εξόδου είναι ίση με 30 MW, καθώς ο ρυθμός εισόδου θερμότητας (heat input rate) στο συνδυασμένο κύκλο είναι ίσος με 180 MW. Η καθαρή ισχύς εξόδου στον άξονα περιστροφής του αεριοστρόβιλου είναι:

- α) 60 MW
- β) 90 MW
- γ) 120 MW
- δ) 150 MW

Ερώτηση 7:

Φυσικό αέριο με περιεκτικότητα 100% μεθάνιο (CH_4) χρησιμοποιείται σε μηχανή εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ) για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Δίνεται ότι ο ατμοσφαιρικός αέρας έχει κατά όγκο σύσταση 21% οξυγόνο (O_2) και 79% άζωτο (N_2). Το ατομικό βάρος (atomic weight) για τα στοιχεία C, H, O και N είναι αντίστοιχα ίσο με 12, 1, 16 και 14 kg/kmol . Η πλησιέστερη τιμή της αναλογίας αέρα καυσίμου (air fuel ratio) για να επιτευχθεί στοιχειομετρική καύση του μίγματος φυσικού αερίου και αέρα στη ΜΕΚ είναι:

- α) 12.2
- β) 14.7
- γ) 17.2
- δ) 19.7

Ερώτηση 8:

Στο πλαίσιο αξιοποίησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ), έγινε μελέτη για την εγκατάσταση υβριδικού ηλιοθερμικού σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με τη χρήση ηλιακών συλλεκτών αλλά χωρίς σύστημα αποταμίευσης θερμότητας. Η καθαρή ισχύς εξόδου του σταθμού είναι 50 MW. Χωρίς την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας, ο θερμικός βαθμός απόδοσης του θερμικού σταθμού είναι 35.72%. Όταν χρησιμοποιούνται οι ηλιακοί συλλέκτες κατά τη διάρκεια μιας ηλιόλουστης ημέρας, τότε συλλέγουν μέση ηλιακή ακτινοβολία ισχύος 40 MW. Κατά τη διάρκεια μιας ηλιόλουστης ημέρας, ο ηλιοθερμικός σταθμός θα έχει θερμικό βαθμό απόδοσης με πλησιέστερη τιμή επί τοις εκατό ίση με:

- α) 50%
- β) 55%
- γ) 60%
- δ) 65%

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:

Αξονικός αεριοστρόβιλος ανοικτού κύκλου παράγει καθαρή ισχύ (net power) στην έξοδο του άξονα περιστροφής του, ίση με 23 MW. Στο θάλαμο καύσης καταναλώνεται πετρέλαιο με ρυθμό παροχής μάζας 2 kg/s, καθώς αναλογία αέρα καυσίμου (air fuel ratio) στον θάλαμο καύσης είναι σταθερή και ίση με 80/1. Ο αεριοστρόβιλος αναρροφά ατμοσφαιρικό αέρα πίεσης 1 bar, τον οποίο συμπιέζει με λόγο πίεσης 13.8/1. Δίνεται η κατώτερη θερμογόνο δύναμη (lower heating value) του πετρελαίου η οποία είναι ίση με 42.5 MJ/kg.

- α) Να σχεδιάσετε το σχηματικό διάγραμμα του αξονικού αεριοστρόβιλου ανοικτού κύκλου, να σημειώσετε τα κύρια μέρη του αεριοστρόβιλου με τα κατάλληλα σύμβολα και με το όνομά τους. (5 μονάδες)

- β) Να σχεδιάσετε το διάγραμμα θερμοκρασίας-εντροπίας (T-s) για τη λειτουργία του αεριοστροβίλου, να σημειώσετε τα τέσσερα σημεία της κατάστασης του ρευστού στον αεριοστροβίλο και να δείξετε τις πιέσεις που δίνονται. (5 μονάδες)
- γ) Να υπολογίσετε το ρυθμό εκροής της μάζας των αερίων (mass flow rate of gases) στην έξοδο του αεριοστροβίλου. (5 μονάδες)
- δ) Να υπολογίσετε το θερμικό βαθμό απόδοσης του αεριοστροβίλου. (5 μονάδες)

Ερώτηση 10:

Σε ατμοηλεκτρικό σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας με απλό θερμοδυναμικό κύκλο ατμού, ο ατμοστροβίλος παράγει ισχύ 220 MW. Ο ρυθμός που προσδίδεται η θερμότητα από την καύση του καυσίμου στον ατμοπαραγωγό (steam generator) είναι ίσος με 600 MW, καθώς ο ρυθμός που αποβάλλεται η θερμότητα στο συμπυκνωτή (condenser) είναι ίσος με 384 MW.

- α) Να σχεδιάσετε το σχηματικό διάγραμμα του ατμοηλεκτρικού σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας απλού θερμοδυναμικού κύκλου ατμού, καθώς και να σημειώσετε στο διάγραμμα όλα τα σύμβολα με τις δεδομένες τιμές του ρυθμού εισόδου και εξόδου της θερμότητας και ρυθμού εισόδου και εξόδου έργου. (5 μονάδες)
- β) Να σχεδιάσετε το διάγραμμα θερμοκρασίας-εντροπίας (T-s diagram) του απλού θερμοδυναμικού κύκλου ατμού, με υπέρθερμο ατμό (superheated steam) στην είσοδο του ατμοστροβίλου. (5 μονάδες)
- γ) Να υπολογίσετε την ισχύ που καταναλώνει η τροφοδοτική αντλία συμπίεσης του νερού (feed water pump). (5 μονάδες)
- δ) Να υπολογίσετε τον θερμικό βαθμό απόδοσης του απλού θερμοδυναμικού κύκλου ατμού. (5 μονάδες)

Ερώτηση 11:

Ως Μηχανικοί Ενέργειας της ΠΑΕΚ καλείστε να αξιολογήσετε ενεργειακές επενδύσεις για συμβατικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς και για επενδύσεις σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μεγάλης κλίμακος (large scale). Στο πλαίσιο των αξιολογήσεων ενεργειακών επενδύσεων που καλείστε να διεκπεραιώσετε, να απαντήσετε, σε συντομία, στα πιο κάτω:

- α) Ποιες είναι οι τρεις βασικές μέθοδοι αξιολόγησης της οικονομικής βιωσιμότητας (feasibility) που θα εφαρμόσετε για τις ενεργειακές επενδύσεις; (12 μονάδες)
- β) Να εξηγήσετε ποια είναι τα κριτήρια αποδοχής της επένδυσης για δύο μεθόδους αξιολόγησης της οικονομικής βιωσιμότητας μίας ενεργειακής επένδυσης. (8 μονάδες)

ΤΥΠΟΛΟΓΙΟ

$$CR = \frac{V_d + V_c}{V_c}$$

$$V_d = \frac{\pi D^2}{4} L$$

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

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

$$\frac{T_{4s}}{T_3} = \left(\frac{p_{4s}}{p_3} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$$

$$n_T = \frac{T_3 - T_4}{T_3 - T_{4s}}$$

$$n_{th} = \frac{P_b}{\dot{m}_f LHV}$$

$$A/F = \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_f}$$

$$\dot{m}_g = \dot{m}_a + \dot{m}_f$$

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

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

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

Τέλος του Εξεταστικού Δοκιμίου