**ΑΣΚΗΣΗ 1 Κυψέλη τύπου ΡΕΜ**

Κυψέλη καυσίμου τύπου PEM με επιφάνεια ηλεκτροδίων 100 cm2, λειτουργεί σε θερμοκρασία 80 oC. Οι τροφοδοσίες της ανόδου και της καθόδου αποτελούνται από 1 lt(STP)/min καθαρό υδρογόνο και 1 lt (STP)/min καθαρό οξυγόνο, αντίστοιχα. Αν η ωμική αντίσταση της κυψέλης είναι 5 x 10-4 ohm, και οι **πυκνότητες ρεύματος ανταλλαγής** της **ανοδικής** και της **καθοδικής** αντίδρασης, είναι 10-3 Α/cm2 και **5 x 10-6 Α/cm2**, να υπολογιστούν:

α. το δυναμικό ισορροπίας της κυψέλης στις συνθήκες λειτουργίας

β. η ωμική υπέρταση καθώς και η ανοδική και καθοδική υπέρταση ενεργοποίησης

γ. το δυναμικό λειτουργίας και η παραγόμενη ισχύς

δ. ο συντελεστής χρήσης καυσίμου και

ε. η ηλεκτρική και η ολική απόδοση της κυψέλης, για πυκνότητα ρεύματος 500 mA/cm2. Δίνονται:

καθοδική υπέρταση ενεργοποίησης:

ανοδική υπέρταση ενεργοποίησης:

συντελεστής μεταφοράς φορτίου **α = 0,5**

ελεύθερη ενέργεια καύσης του υδρογόνου, στους 25 oC: ΔGo = -228,593 kJ/mol H2

ανώτερη θερμογόνο δύναμη του υδρογόνου: HHVH2 = 285,840 kJ/mol H2

κατώτερη θερμογόνο δύναμη του υδρογόνου: LHVH2 = 241,826 kJ/mol H2

**ΛΥΣΗ**

α. Το δυναμικό ισορροπίας επηρεάζεται από τη μεταβολή των γραμμομοριακών κλασμάτων του υδρογόνου και του οξυγόνου κατά τη διέλευση των αερίων από την κυψέλη. Η αύξηση της πυκνότητας ρεύματος ελαττώνει το γραμμομοριακά κλάσματα **Η2** και **Ο2**, στην έξοδο της **ανόδου** και της **καθόδου**, αντίστοιχα[[1]](#footnote-1). Θεωρώντας ότι το μέσο δυναμικό ισορροπίας μπορεί να υπολογιστεί για το μέσο γραμμομοριακό κλάσμα των παραπάνω συστατικών στα κανάλια της ανόδου και της καθόδου αντίστοιχα, το δυναμικό ισορροπίας μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση (σε σχέση με τις κυψέλες αγωγών ιόντων οξυγόνου, εδώ το Η2Ο σχηματίζεται στην κάθοδο και όχι στην άνοδο και αραιώνει το οξυγόνο, όχι το υδρογόνο):

 ή

όπου Pi = Yi \* Ptotal, Yi το γραμμομοριακό κλάσμα του συστατικού i στην αέρια φάση της ανόδου ή της καθόδου και Ρi η μερική του πίεση. Το δυναμικό ισορροπίας Εο στις πρότυπες συνθήκες (25 oC, 1 atm), υπολογίζεται από την ελεύθερη ενέργεια ΔG της συνολικής αντίδρασης της κυψέλης (Η2(an) + 1/2O2(kath) = H2O(an)):

 = 1,185 Volt

Τα γραμμομοριακά κλάσματα του υδρογόνου και του οξυγόνου στην είσοδο της κυψέλης είναι:

και εισέρχονται:

 στην άνοδο και στην κάθοδο

Για πυκνότητα ρεύματος 500 mA/cm2 και σύμφωνα με τον **νόμο του Faraday (r = I/2F – οξείδωση Η2 στην άνοδο: Η2 → 2 H+ + 2e-**), στην άνοδο καταναλώνονται (Ampere = qoulomd/sec):

και στην κάθοδο καταναλώνονται (αναγωγή Ο2 στην κάθοδο: Ο2 + 4 H+ + 4e- → 2 Η2Ο):

και παράγονται 0,0155 mol H2O **στην κάθοδο**. Οπότε, από την κυψέλη εξέρχονται:

από το κανάλι της ανόδου 0,0446 – 0,0155 = 0,0291 mol H2 / min

από το κανάλι της καθόδου 0,0446 – 0,00776 = 0,0368 mol O2 / min και

0,0155 mol H2O / min

Οπότε, τα αντίστοιχα γραμμομοριακά κλάσματα στην έξοδο της καθόδου είναι:

ενώ το γραμμομοριακό κλάσμα του υδρογόνου στην έξοδο της ανόδου, απουσία άλλου συστατικού που να το αραιώνει, δεν μεταβάλλεται. Έτσι, τα μέσα γραμμομοριακά κλάσματα, κατά μήκος της κυψέλης είναι:

και το δυναμικό ισορροπίας είναι:

β. Η ωμική υπέρταση είναι:

Ι = 0,5 Α/cm2: ηΩ,500 = I x RΩ = 0,5 Α/cm2 x 100 cm2 x 5 x 10-4 ohm = 0,025 Volt

Η καθοδική υπέρταση ενεργοποίησης υπολογίζεται από τη σχέση [qoulomb X Volt = Joule, Ampere X Volt = Watt]:

 =

ενώ, η ανοδική υπέρταση ενεργοποίησης υπολογίζεται από τη σχέση:

 =

γ. Το δυναμικό λειτουργίας της κυψέλης, είναι:

 1,212 – 0,025 – 0,350 – 0,189 = 0,648 Volt

και η παραγόμενη ισχύς: P = 0,5 A/cm2 x 100 cm2 x 0,648 Volt = 32,417 Watt

δ. Ο συντελεστής χρήσης καυσίμου, είναι:

ε. Η ηλεκτρική απόδοση της κυψέλης, ορίζεται ως:

 =

Αν η ηλεκτρική απόδοση οριστεί ως προς την κατώτερη θερμογόνο δύναμη του καυσίμου:

 =

Η ολική απόδοση της κυψέλης, ορίζεται ως:

 =

και ως προς την κατώτερη θερμογόνο δύναμη του καυσίμου:

 =

1. Όταν στην άνοδο τροφοδοτείται καθαρό Η2, τότε η οξείδωση του προς πρωτόνια (Η+) μεταβάλει τη γραμμομοριακή παροχή Η2 αλλά δεν μεταβάλει το γραμμομοριακό του κλάσμα, αφού δεν υπάρχει άλλο συστατικό για να αραιώνει το Η2. Αν όμως το Η2 τροφοδοτούνταν στην άνοδο με νερό, άζωτο ή άλλο συστατικό, τότε η απομάκρυνση του Η2 από την άνοδο, με τη μορφή πρωτονίων, θα ελάττωνε το γραμμομοριακό του κλάσμα. [↑](#footnote-ref-1)