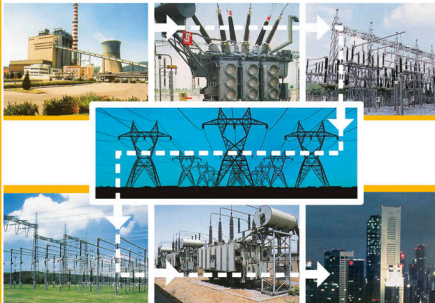


Νικόλαος Α. Βοβός
Καθ. Πανεπιστημίου

Πανεπιστήμιο Πατρών
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών

Έλεγχος και Ευστάθεια Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ & ΛΥΣΕΙΣ



ISBN 978-960-456-259-6

© Copyright: Βοβός Α. Νικόλαος, Εκδόσεις Ζήτη, Ιανουάριος 2011

Το παρόν έργο πνευματικής ιδιοκτησίας προστατεύεται κατά τις διατάξεις του Ελληνικού νόμου (Ν.2121/1993 όπως έχει τροποποιηθεί και ισχύει σήμερα) και τις διεθνείς συμβάσεις περί πνευματικής ιδιοκτησίας. Απαγορεύεται απολύτως η άνευ γραπτής άδειας του εκδότη και συγγραφέα κατά οποιοδήποτε τρόπο ή μέσο αντιγραφή, φωτοανατύπωση και εν γένει αναπαραγωγή, εκμίσθωση ή δανεισμός, μετάφραση, διασκευή, αναμετάδοση στο κοινό σε οποιαδήποτε μορφή (ηλεκτρονική, μηχανική ή άλλη) και η εν γένει εκμετάλλευση του συνόλου ή μέρους του έργου.

Φωτοστοιχειοθεσία **Π. ΖΗΤΗ & Σια ΟΕ**
Εκτύπωση 18^ο χλμ Θεσσαλονίκης - Περαιάς
Βιβλιοδεσία Τ.Θ. 4171 • Περαιά Θεσσαλονίκης • Τ.Κ. 570 19
Τηλ.: 2392 072.222 - Fax: 2392 072.229 • e-mail: info@ziti.gr



**ΕΚΔΟΣΕΙΣ
ΖΗΤΗ**

www.ziti.gr

ΒΙΒΛΙΟΠΩΛΕΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ - ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΔΙΑΘΕΣΗ:
Αρμενοπούλου 27 - 546 35 Θεσσαλονίκη • Τηλ.: 2310 203.720 • Fax 2310 211.305
e-mail: sales@ziti.gr

ΒΙΒΛΙΟΠΩΛΕΙΟ ΑΘΗΝΩΝ - ΕΝΩΣΗ ΕΚΔΟΤΩΝ ΒΙΒΛΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ:
Στοά του Βιβλίου (Πεσμαζόγλου 5) - 105 64 ΑΘΗΝΑ • Τηλ.-Fax: 210 3211.097

ΑΠΟΘΗΚΗ ΑΘΗΝΩΝ - ΠΩΛΗΣΗ ΧΟΝΔΡΙΚΗ:
Ασκληπιού 60 - Εξάρχεια 114 71, Αθήνα • Τηλ.-Fax: 210 3816.650 • e-mail: athina@ziti.gr

ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΒΙΒΛΙΟΠΩΛΕΙΟ: www.ziti.gr

Πρόλογος

Το παρόν βοήθημα είναι ένα απαραίτητο συμπλήρωμα στην κατανόηση των θεμάτων, που σχετίζονται με τον Έλεγχο και την Ευστάθεια των Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΣΗΕ).

Οι εκφωνήσεις των προβλημάτων του βοηθήματος περιλαμβάνονται και στα αντίστοιχα κεφάλαια του ομότιτλου βιβλίου, στο οποίο αναπτύσσεται και η απαραίτητη θεωρία για την επίλυσή τους. Εν τούτοις το βοήθημα, επειδή περιλαμβάνει τις εκφωνήσεις και τις λύσεις των προβλημάτων, μπορεί να χρησιμοποιηθεί αυτοδύναμα από όλους τους φοιτητές των Τμημάτων Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών, καθώς και νέους και έμπειρους ηλεκτρολόγους μηχανικούς.

Τα προβλήματα που επιλύονται, έχουν επιλεγεί, ώστε να διευκρινίζουν τα σημαντικά θέματα που ανακύπτουν κατά την λύση των δύσκολων προβλημάτων των ΣΗΕ.

Στόχος του βοηθήματος είναι να μεταδώσει στο μηχανικό τη μεθοδολογία σκέψης για την επίλυση των προβλημάτων με παραδοσιακές και σύγχρονες μεθόδους. Παρόλο που παρόμοιες εκδόσεις με το παρόν βοήθημα δεν είναι συχνές στην Ελληνική και Διεθνή αγορά, θεωρώ εξαιρετικά πολύτιμη τη συνεισφορά του στην πληρότητα της κατανόησης των θεωρητικών γνώσεων.

Πάτρα, Σεπτέμβριος 2010

Καθηγητής Ν. Α. Βοβός

Περιεχόμενα

Προβλήματα και Λύσεις

Κεφάλαιο 2:

Έλεγχος Πραγματικής Ισχύος - Συχνότητας7

Κεφάλαιο 3:

Έλεγχος Αέργου Ισχύος – Τάσης 31

Κεφάλαιο 4

Μεταβατική Ευστάθεια Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας 45

Κεφάλαιο 5

Εκτίμηση Κατάστασης Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας 61

ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΛΥΣΕΙΣ

2^ο Κεφάλαιο

ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΗΣ ΙΣΧΥΟΣ - ΣΥΧΝΟΤΗΤΑΣ

- 2.1** Μία σύγχρονη γεννήτρια που εργάζεται σε δίκτυο 50 Hz, τροφοδοτεί ωμικό φορτίο και παρουσιάζει ποσοστιαία πτώση της ταχύτητας κατά 5%, όταν φορτίζεται με το ονομαστικό της φορτίο από την εν κενώ λειτουργία. Υποθέτοντας στατικές μεταβολές, υπολογίστε τη μόνιμη συχνότητα της γεννήτριας για βηματική αύξηση του φορτίου κατά 10% του ονομαστικού.

Λύση:

Επειδή έχουμε μεταβολή 5% της ταχύτητας, άρα και 5% της συχνότητας, για μεταβολή φορτίου κατά $1 pu$, η ταχύτητα ρύθμισης ισούται με:

$$R = \frac{0.05 \times 50}{1} = 2.5 \text{ Hz/puMW}$$

Άρα για μεταβολή $\Delta P_D = 0.01 pu$ θα έχουμε:

$$\Delta f_{\mu\sigma\nu} = -R \Delta P_D = -2.5 \times 0.1 = -0.25 \text{ Hz}$$

Άρα η μόνιμη συχνότητα της γεννήτριας θα είναι:

$$f_{\mu\sigma\nu} = 50 - 0.25 = 49.75 \text{ Hz}$$

- 2.2** Μία σύγχρονη γεννήτρια 75 MVA, 50 Hz στρέφεται στις 3000 στροφές/λεπτό. Ξαφνικά προστίθεται φορτίο 20 MW και οι βαλβίδες ατμού αρχίζουν να ανοίγουν μετά 0.5 sec, λόγω της χρονικής καθυστέρησης του συστήματος ελέγχου. Να υπολογίσετε τη συχνότητα στην οποία πέφτει η παραγόμενη τάση πριν αυξηθεί η παραγωγή για την κάλυψη του φορτίου. Η σταθερά αδράνειας είναι 4 KWs/KVA.

Λύση:

Η αρχική κινητική ενέργεια της γεννήτριας (πριν προστεθεί το φορτίο των 20 MW) είναι:

$$W_{κιν}^0 = H \times P_r = 4 \times 75 = 300 \text{ MWs}$$

Η απορρόφηση κινητικής ενέργειας για την κάλυψη του φορτίου 20 MW για χρόνο 0.5 s είναι:

$$\Delta W = \Delta P_D \times \Delta t = 20 \times 0.5 = 10 \text{ MWs}$$

Άρα η παραμένουσα κινητική ενέργεια είναι:

$$W_{τελ} = W_{κιν}^0 - \Delta W = 300 - 10 = 290 \text{ MWs}$$

Επειδή η κινητική ενέργεια είναι ανάλογη του τετραγώνου της συχνότητας (εξ. 2.20), έχουμε:

$$\frac{W_{τελ}}{W_{κιν}^0} = \frac{f_{τελ}^2}{f_0^2} \Rightarrow f_{τελ} = f_0 \left(\frac{W_{τελ}}{W_{κιν}^0} \right)^{1/2} = 50 \left(\frac{290}{300} \right)^{1/2} = 49.1596 \text{ Hz}$$

2.3 Τρεις σύγχρονες γεννήτριες λειτουργούν παράλληλα στα 50 Hz, έχουν ονομαστικές τιμές 300 MW, 500 MW και 600 MW και ρυθμίσεις ταχύτητας 5%, 4% και 3% αντίστοιχα. Λόγω μιας βηματικής μεταβολής του φορτίου η συχνότητα του συστήματος αυξάνει κατά 0.3 Hz, πριν δράσουν τα συστήματα ελέγχου της πραγματικής ισχύος. Υποθέτουμε $D = 0$ για το φορτίο. Υπολογίστε:

- α) Τη βηματική μεταβολή του φορτίου.
- β) Τη μεταβολή της παραγωγής κάθε γεννήτριας για να αντιμετωπίσουν τη μεταβολή του φορτίου.
- γ) Επαναλάβετε τις ερωτήσεις α και β αν $D = 1$ pu με βάση τα 1000 MVA.

Λύση:

α) Χρησιμοποιώντας π.χ. βάση ισχύος 600 MW και $f = 50$ Hz έχουμε:

$$R_1 = 0.05 \times \frac{600}{300} = 0.1 \text{ pu}$$

$$R_2 = 0.04 \times \frac{600}{500} = 0.048 \text{ pu}$$

$$R_3 = 0.03 \text{ pu}$$

Άρα:

$$\Delta f = \frac{-\Delta P_D}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} \Rightarrow$$

$$\Delta P_D = -\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}\right) \frac{0.3}{50} = -\left(\frac{1}{0.1} + \frac{1}{0.048} + \frac{1}{0.03}\right) \times 0.006 = -0.385 \text{ pu} \Rightarrow$$

$$\Delta P_D = -0.385 \times 600 = -231 \text{ MW} \quad (\text{δηλαδή μείωση φορτίου}).$$

β) $\Delta P_{Gi} = \frac{-\Delta f}{R_i}$ (Παρατήρηση: Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τα αρχικά R_i ή αυτά με τη νέα βάση).

$$\Delta P_{G1} = \frac{-0.3/50}{0.05} \times 300 \text{ MW} = -36 \text{ MW}$$

$$\Delta P_{G2} = \frac{-0.3/50}{0.04} \times 500 \text{ MW} = -75 \text{ MW}$$

$$\Delta P_{G3} = \frac{-0.3/50}{0.03} \times 600 \text{ MW} = -120 \text{ MW}$$

γ) Το D στη νέα βάση των 600 MVA θα είναι:

$$D = 1 \times \frac{1000}{600} = 1.6667 \text{ pu}$$

Άρα:

$$\begin{aligned} \Delta P_D &= -\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + D\right) \frac{\Delta f}{f^\circ} = -\left(\frac{1}{0.1} + \frac{1}{0.048} + \frac{1}{0.03} + 1.6667\right) \frac{0.03}{50} \text{ pu} = \\ &= -0.395 \text{ pu} \Rightarrow \Delta P_D = -0.395 \times 600 = -237 \text{ MW} \end{aligned}$$

Άρα:

$$\Delta P_{G1} = \frac{-0.3/50}{0.05} \times 300 \text{ MW} = -36 \text{ MW} \quad \text{πάλι και ομοίως:}$$

$$\Delta P_{G2} = -75 \text{ MW}, \quad \Delta P_{G3} = -120 \text{ MW}$$

και απελευθέρωση (ή δέσμευση) φορτίου λόγω εξάρτησης από τη συχνότητα:

$$\Delta P_D(f) = D \Delta f = 1.6667 \times \frac{0.3}{50} \text{ pu} = 0.01 \text{ pu}$$

$$\text{Άρα: } \Delta P_D = 0.01 \times 600 \text{ MW} = 6 \text{ MW}$$

Παρατήρηση: Η μείωση του φορτίου ήταν -237 MW , αλλά λόγω της εξάρτησής του από τη συχνότητα (είχαμε αύξηση της συχνότητας) αυξήθηκε η τιμή του κατά 6 MW , δηλαδή η πραγματική μείωση που

πρέπει να γίνει στην παραγωγή είναι: $-237+6=-231$ MW, όπως πράγματι συμβαίνει (για δεδομένη μεταβολή της συχνότητας, η μεταβολή της παραγωγής είναι πάντα ίδια, ανεξάρτητα της τιμής του D).

- 2.4** Το σύστημα του Προβλήματος 2.3 συνδέεται με μια διασυνδεδετική γραμμή σε ένα γειτονικό σύστημα. Υποθέτουμε, ότι λόγω απώλειας παραγωγής στο γειτονικό σύστημα, έχουμε αύξηση της μεταφερόμενης ισχύος στη γραμμή από την προδιαγραφόμενη τιμή των 400 MW στα 631 MW. Για $D = 0$ υπολογίστε:
- Την αύξηση της παραγωγής σε κάθε γεννήτρια.
 - Το ΣΕΠ για συντελεστή βαρύτητας $B = 500$ MW/Hz.
 - Επαναλάβετε τις ερωτήσεις α και β για $D = 1$ pu με βάση τα 1000 MVA.
- (Σε όλες τις ερωτήσεις υποθέστε ότι δεν υπάρχει ολοκληρωτικός έλεγχος).

Λύση:

- α)** Η αύξηση της συνολικής παραγωγής προκύπτει από την αύξηση της μεταφερόμενης ισχύος, που είναι:

$$\Delta P_D = 631 - 400 = 231 \text{ MW} \Rightarrow \Delta P_D = 231/600 = 0.385 \text{ pu}$$

με βάση τα 600 MW. Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του Προβλήματος 2.3 έχουμε:

$$\Delta f = \frac{-\Delta P_D}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} = \frac{-0.385}{\frac{1}{0.1} + \frac{1}{0.048} + \frac{1}{0.03}} \text{ pu} = -0.006 \text{ pu}$$

$$\text{ή } -0.006 \times 50 = -0.3 \text{ Hz}$$

Επειδή $\Delta P_{Gi} = -\frac{\Delta f}{R_i}$ κάθε γεννήτρια θα αυξήσει την παραγωγή της:

$$\Delta P_{G1} = -\frac{-0.006}{0.1} \text{ pu} = 0.06 \text{ pu} \quad \text{ή} \quad \Delta P_{G1} = 0.06 \times 600 = 36 \text{ MW}$$

$$\Delta P_{G2} = -\frac{-0.006}{0.048} \text{ pu} = 0.125 \text{ pu} \quad \text{ή} \quad \Delta P_{G2} = 0.125 \times 600 = 75 \text{ MW}$$

$$\Delta P_{G3} = -\frac{-0.006}{0.03} \text{ pu} = 0.2 \text{ pu} \quad \text{ή} \quad \Delta P_{G3} = 0.2 \times 600 = 120 \text{ MW}$$

$$\text{Σύνολο} = \Delta P_{G1} + \Delta P_{G2} + \Delta P_{G3} = 231 \text{ MW}$$

β) Για το ΣΕΠ από την εξ. 2.62 έχουμε:

$$\Sigma \text{ΕΠ} = \Delta P_{tie} + B\Delta f = (631 - 400) \text{ MW} + 500 \times (-0.3) \text{ MW} = 81 \text{ MW}$$

γ) Σύμφωνα με τους υπολογισμούς στο Πρόβλημα 2.3 έχουμε τώρα:

$$\Delta f = \frac{-\Delta P_D}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + D} = \frac{-0.385}{\frac{1}{0.1} + \frac{1}{0.048} + \frac{1}{0.03} + 1.6667} \text{ pu} = -0.0058481 \text{ pu}$$

$$\text{ή } \Delta f = -0.0058481 \times 50 \text{ Hz} = -0.2924 \text{ Hz}$$

Παρατήρηση: Λόγω απελευθέρωσης φορτίου τώρα, το βύθισμα συχνότητας είναι μικρότερο και φυσικά είναι μικρότερη και η αύξηση της παραγωγής των γεννητριών.

$$\Delta P_{G1} = -\frac{-0.0058481}{0.1} \text{ pu} = 0.05848 \text{ pu}$$

$$\text{ή } \Delta P_{G1} = 0.05848 \times 600 \text{ MW} = 35.0886 \text{ MW}$$

$$\Delta P_{G2} = -\frac{-0.0058481}{0.048} \text{ pu} = 0.12183 \text{ pu}$$

$$\text{ή } \Delta P_{G2} = 0.12183 \times 600 \text{ MW} = 73.1013 \text{ MW}$$

$$\Delta P_{G3} = -\frac{-0.0058481}{0.03} \text{ pu} = 0.19494 \text{ pu}$$

$$\text{ή } \Delta P_{G3} = 0.19494 \times 600 \text{ MW} = 116.962 \text{ MW}$$

Η απελευθέρωση φορτίου είναι:

$$\Delta P_D(f) = 1.6667 \times 0.0058481 \text{ pu} = 0.009747 \text{ pu}$$

$$\text{ή } \Delta P_D(f) = 0.009747 \times 600 \text{ MW} = 5.8481 \text{ MW}$$

$$(\Delta P_{G1} + \Delta P_{G2} + \Delta P_{G3} + \Delta P_D(f)) = 231 \text{ MW}$$

$$\Sigma \text{ΕΠ} = \Delta P_{tie} + B\Delta f = (631 - 400) \text{ MW} + 500 \times (-0.2924) = 84.8 \text{ MW}$$

2.5 Για την ερώτηση α του προβλήματος 2.4, υποθέτουμε ότι η ενεργοποίηση των συστημάτων ελέγχου της πραγματικής ισχύος των γεννητριών αρχίζει 5 λεπτά αργότερα, ενώ το βύθισμα συχνότητας παραμένει το ίδιο αυτό το χρονικό διάστημα. Υπολογίστε:

α) Το χρονικό σφάλμα στην περίοδο των 5 λεπτών.

β) Αποδείξτε ότι αυτό το χρονικό σφάλμα είναι ανεξάρτητο της ονομαστικής συχνότητας του συστήματος.

Λύση:

$$\alpha) \Delta t = (-0.3 \text{ c/s}) \times (5 \times 60 \text{ s}) = -90 \text{ c} = -\frac{90}{50} \text{ s} = -1.8 \text{ s}$$

β) Από τον προηγούμενο υπολογισμό του Δt παρατηρούμε ότι:

$$\Delta t = (\Delta f \text{ pu}) \times (t \text{ s})$$

και το βύθισμα συχνότητας Δf σε pu υπολογίζεται από εξίσωση που δεν επηρεάζεται από την ονομαστική συχνότητα του δικτύου.

Το συμπέρασμα αυτό συμφωνεί με την παρατήρηση ότι όταν από μία στρεφόμενη μάζα αφαιρούμε σταθερή ισχύ για ένα ωρισμένο χρονικό διάστημα, η μάζα χάνει σταθερές στροφές/s ή η περίοδος της μεταβάλλεται κατά ΔT , που εξαρτάται μόνο από το μέγεθος της ισχύος που απορροφάται και όχι από το f° . Αυτό το ΔT καθορίζει τη χρονική καθυστέρηση.

2.6 Δίδονται δύο περιοχές ελέγχου διασυνδεδεμένες με μία γραμμή μεταφοράς και με χαρακτηριστικά :

Περιοχή 1: $R = 0.01 \text{ pu}$, $D = 0.8 \text{ pu}$ με βάση 500 MVA

Περιοχή 2: $R = 0.02 \text{ pu}$, $D = 1 \text{ pu}$ με βάση 500 MVA

Στην περιοχή ελέγχου 1 συμβαίνει μια βηματική αύξηση φορτίου 100 MW, ενώ οι περιοχές είχαν την ονομαστική τους συχνότητας 50 Hz. Υπολογίστε:

- α)** Τι νέα συχνότητα μόνιμης κατάστασης.
- β)** Την αλλαγή στην ισχύ της διασυνδετικής γραμμής.
- γ)** Τον τρόπο που καλύπτεται η αύξηση του φορτίου (προφανώς δεν υπάρχει ολοκληρωτικός έλεγχος).

Λύση:

α) Θα χρησιμοποιήσουμε τις εξ. 2.53, όπου θ' αντικαταστήσουμε όλες τις ποσότητες σε pu και φυσικά τα αποτελέσματα θα είναι σε pu. Επειδή τα δύο συστήματα έχουν ίδια βάση: $\alpha_{12} = -1$.

$$\Delta P_{D2} = 0 \quad \text{και} \quad \Delta P_{D1} = \frac{100}{500} = 0.2 \text{ pu}$$

$$\beta_1 = D_1 + \frac{1}{R_1} = 0.8 + \frac{1}{0.01} = 100.8 \text{ pu}$$

$$\beta_2 = D_2 + \frac{1}{R_2} = 1 + \frac{1}{0.02} = 51 \text{ pu}$$

$$\text{Άρα: } \Delta f_{\mu\text{ov}} = -\frac{\Delta P_{D2} - a_{12}\Delta P_{D1}}{\beta_2 - a_{12}\beta_1} = -\frac{0.2}{51+100.8} \text{ pu} = -0.00131752 \text{ pu}$$

$$\text{Άρα: } f_{\mu\text{ov}} = 50 - 0.00131752 \times 50 = 49.934 \text{ Hz}$$

$$\beta) \Delta P_{tie,1,\mu\text{ov}} = \frac{\beta_1\Delta P_{D2} - \beta_2\Delta P_{D1}}{\beta_2 - a_{12}\beta_1} = \frac{-51 \times 0.2}{51+100.8} \text{ pu} = -0.06719368 \text{ pu}$$

$$\text{ή } \Delta P_{tie,1,\mu\text{ov}} = -0.06719368 \times 500 \text{ MW} = -33.5968 \text{ MW}$$

Σύμφωνα με τη σύμβαση που έχουμε δεχτεί για το πρόσημο της ισχύος, το - σημαίνει ότι έχουμε αύξηση της ισχύος που μεταφέρεται από την περιοχή 2 στην περιοχή 1.

$$\gamma) \Delta P_{G1} = -\frac{\Delta f}{R_1} = \frac{0.00131752}{0.01} = 0.1317523 \text{ pu}$$

$$\text{ή } \Delta P_{G1} = 0.1317523 \times 500 = 65.876 \text{ MW}$$

$$\Delta P_{G2} = -\frac{\Delta f}{R_2} = \frac{0.00131752}{0.02} = 0.06587615 \text{ pu}$$

$$\text{ή } \Delta P_{G2} = 0.06587615 \times 500 = 32.938 \text{ MW}$$

Λόγω της εξάρτησης του φορτίου από τη συχνότητα έχουμε απελευθέρωση φορτίου.

Στην περιοχή 1:

$$\Delta P_{D1} = D_1\Delta f = 0.8 \times (-0.00131752) = -0.0010548 \text{ pu} = -0.527 \text{ MW}$$

Στην περιοχή 2:

$$\Delta P_{D2} = D_2\Delta f = 1 \times (-0.00131752) = -0.00131752 \text{ pu} = -0.659 \text{ MW}$$

Παρατηρούμε ότι η αύξηση των παραγωγών και η απελευθέρωση φορτίου στις δύο περιοχές ισούται με 100 MW, που ήταν η αύξηση του φορτίου.

- 2.7** Το σύστημα της παραγράφου 2.16 έχει ολοκληρωτικό έλεγχο με $K_I = 0.2$. Υποθέτουμε ότι $T_g = T_T = 0$.
- Τι τύπου απόκριση θα έχουμε;
 - Για μια μεταβολή φορτίου 0.2 pu τι χρονικό σφάλμα θα προκληθεί;
 - Αυξάνοντας το K_I το χρονικό σφάλμα αυξάνεται ή ελαττώνεται και γιατί;