

**2<sup>η</sup> Εργαστηριακή άσκηση στο μάθημα της Βιομηχανικής Πληροφορικής**  
**20 Νοεμβρίου 2023**  
**( Εκπόνηση με Προσομοίωση)**

**Περιγραφή.**

Δίνεται το αρχείο του λογισμικού PidControl10 σε γλώσσα SFC που έχει γραφεί με το εργαλείο μηχανικής λογισμικού Codesys Development System V3. Αυτό το λογισμικό υλοποιεί τον έλεγχο κλειστού βρόχου μιας φυσικής μεταβλητής (ελεγχόμενη μεταβλητή) με αλγόριθμο PID που η εκτέλεσή του μπορεί να γίνει με προσομοίωση στον ίδιο υπολογιστή στον οποίο είναι εγκατεστημένο το Codesys Development System V3.

Η συνάρτηση μεταφοράς της ελεγχόμενης μεταβλητής είναι:

$$\frac{TEMP(s)}{FLOW(s)} = \frac{5.6 * exp(-0.5s)}{(1+0.7s)} \quad (1)$$

Ζητούνται:

(α)

1. Ξεκινήστε το Codesys,
2. Επιλέξτε

File/Open Project

και κατεβάστε το λογισμικό PidControl10 από τον κατάλογο στο PC σας στον οποίο το αποθηκεύσατε.

3. Αρχικοποιείστε τις παράμετρος και μεταβλητές του λογισμικού με τις τιμές που δίνονται στον Πίνακα 1.

Μεταβλητή	Τιμή
start	True
AM	True
d	0
sp	150
MMV	0
CRDFL	3
Bk	0
pk	0.0
ek	0.0
Bk1	0.0
Bk2	0.0
Pk1	0.0
ek1	0.0

xk	0.0
xk1	0.0
Xk2	0.0
k	0
TD	0.06
T	6
KC	0.1
TI	60
tt	0.0
temp	0.0
DBK	0.0

Πίνακας 1

Για να τοποθετηθούν οι παραπάνω τιμές ακολουθείστε την παρακάτω διαδικασία.

4. Επιλέξτε ξανά

Online/Login.

5. Επιλέξτε

Debug/START

και στο παράθυρο Devices του Codesys Development System V3 κάνετε διπλό πάτημα του ποντικιού στο PLC\_PRG (PRG). Στον πίνακα των παραμέτρων και μεταβλητών που εμφανίζονται στο παράθυρο, στο δεξιό τμήμα της οθόνης, εγγράψτε τις τιμές του Πίνακα 1 βάζοντας στο πεδίο Prepared value την αντίστοιχη τιμή από τον Πίνακα 1 και ENTER μετά από την εγγραφή κάθε τιμής. Στη συνέχεια επιλέξτε πάλι

Debug/Write values

Θα παρατηρήσετε ότι οι τιμές στο πεδίο prepared value μεταφέρονται στο πεδίο value του πίνακα των παραμέτρων και μεταβλητών του PidContr10.

(β) Θέσατε σημείο διακοπής (breakpoint) στη δεύτερη γραμμή του προγράμματος Action3 που είναι εγγεγραμμένο στο Step3 του διαγράμματος SFC και στην οποία υπολογίζεται η τιμή της ελεγχόμενης μεταβλητής όταν εφαρμόζεται στη χειριζόμενη μεταβλητή (MMV) η τιμή που έχει υπολογιστεί από τον αλγόριθμο PID την αντίστοιχη χρονική στιγμή.

Η τοποθέτηση του σημείου διακοπής γίνεται επιλέγοντας

Debug/New Breakpoint

και στα κατάλληλα πεδία του εμφανιζόμενου παραθύρου επιλέξτε το πρόγραμμα Action3, που είναι γραμμένο στο Step3, τη γραμμή 2 (line 2 collun 1) και την επιλογή Enable breakpoint immediately στην κάτω αριστερή γωνία του παραθύρου. Πατώντας OK θα εμφανιστεί στην οθόνη σας ξανά ο πίνακας των παραμέτρων και μεταβλητών του PidControl10.

Στο παράθυρο των Devices, στο αριστερό μέρος της οθόνης, επιλέξτε το πρόγραμμα Action3 με διπλό πάτημα του αριστερού πλήκτρου του ποντικιού. Στο δεξιό τμήμα της οθόνης θα εμφανιστούν οι εντολές του προγράμματος Action 3 με σημειωμένο με ένα κύκλο με βέλος το breakpoint στη δεύτερη εντολή.

Πατώντας F5 μπορείτε να αρχίσετε την εκτέλεση του PidControl10 και να παρακολουθείτε τις αλλαγές των τιμών στις μεταβλητές των εντολών καθώς εκτελείται το λογισμικό μέχρι ότου φθάσει στο σημείο διακοπής. Κάθε σταμάτημα του λογισμικού στο σημείο διακοπής μετά από επαναλαμβανόμενες πληκτρολογήσεις του F5 αντιστοιχεί στην εκτέλεση του λογισμικού PidControl10 σε διαδοχικές χρονικές στιγμές δειγματοληψίας του φυσικού συστήματος, η συνάρτηση μεταφοράς του οποίου (σχέση (1)) δόθηκε παραπάνω στην ενότητα της Περιγραφής της άσκησης. Έτσι, μπορείτε να παρακολουθήσετε τις τιμές που λαμβάνει η ελεγχόμενη μεταβλητή, Bk, στις διαδοχικές χρονικές στιγμές δειγματοληψίας.

(γ) σύμφωνα με τον Πίνακα 1 που δόθηκε στο βήμα (α), η μεταβλητή AM πήρε τιμή True που υποδηλώνει ότι το φυσικό σύστημα έχει τεθεί σε χειροκίνητο τρόπο λειτουργίας. Αυτό σημαίνει ότι η έξοδος του αλγορίθμου PID δεν παίρνει τις τιμές των υπολογισμών του αλγορίθμου αλλά τιμές που βάζει ο χειριστής στην μεταβλητή MMV (χειριζόμενη μεταβλητή).

Ο χειροκίνητος τρόπος λειτουργίας επιλέγεται κατά το ξεκίνημα της λειτουργίας του φυσικού συστήματος, όταν η τιμή της ελεγχόμενης μεταβλητής είναι πολύ μικρή σε σχέση με την επιθυμητή τιμή και η συνάρτηση μεταφοράς (1), που δόθηκε στην Περιγραφή της άσκησης παραπάνω, δεν ισχύει για τόσο μεγάλες αποκλίσεις της ελεγχόμενης μεταβλητής από την τιμή αυτή. Οι σχέσεις που ισχύουν είναι συνήθως μη γραμμικές και είναι πολύ δύσκολο να καθορισθούν. Θεωρώντας ότι για μικρές αποκλίσεις γύρω από μια τιμή της ελεγχόμενης μεταβλητής ισχύουν γραμμικές σχέσεις της μορφής που έχει η (1), μπορεί ο χειριστής να οδηγήσει με μια μικρή μεταβολή που θα κάνει στη χειριζόμενη μεταβλητή (MMV) την ελεγχόμενη μεταβλητή σε σταθερή τιμή κατά πολύ μικρότερη της επιθυμητής (πχ από 25<sup>0</sup> C στους 50<sup>0</sup> C). Στη συνέχεια να επαναλάβει την προηγούμενη ενέργεια και να κάνει μια νέα μικρή μεταβολή για την οποία μια νέα γραμμική σχέση, παρόμοια με την (1), θα ισχύει. Έτσι με διαδοχικές μικρές μεταβολές να σταθεροποιεί την ελεγχόμενη μεταβλητή σε τιμές για την οποίες θα ισχύουν σχέσεις παρόμοιες με την (1). Όταν πλησιάσει σε τιμή με μικρή απόκλιση από την επιθυμητή τότε θα ισχύει η (1), βάσει της οποίας ρυθμίστηκε ο PID αλγόριθμος, οπότε θα μπορεί να τεθεί το σύστημα κάτω από τον έλεγχο του PID αλγορίθμου. Στην περίπτωση αυτή η ελεγχόμενη μεταβλητή θα οδηγηθεί αυτόματα στην επιθυμητή τιμή και θα επανέρχεται σε αυτή κάθε φορά που μια εξωτερική διαταραχή θα την απομακρύνει από τη τιμή αυτή.

Για να λειτουργήσετε χειροκίνητα το σύστημα, βάλτε διαδοχικά στην MMV τις τιμές 10, 15, 20 και 25 που αντιστοιχούν σε τιμές εκφρασμένες σε m<sup>3</sup>/h. Η τοποθέτηση των τιμών αυτών γίνεται επιλέγοντας μετά από διακοπή με διπλό πάτημα ποντικιού στο

PLC\_PRG(PRG) οπότε εμφανίζεται ο πίνακας παραμέτρων και μεταβλητών του PidControl10. Τότε στο πεδίο prepared value τίθεται μια από τις παραπάνω τιμές στην MMV και πληκτρολογούνται με τη σειρά Return, Debug/Write value , Action3 (διπλό πάτημα αριστερού πλήκτρου ποντικιού). Η αλλαγή τιμής στην MMV πρέπει να γίνεται αφού μετά τη εκτέλεση του λογισμικού για κάποιο αριθμό χρονικών στιγμών δειγματοληψίας η ελεγχόμενη μεταβλητή σταθεροποιείται σε μια τιμή. Ενδεικτικά αναφέρονται ότι ο αριθμός αυτών των χρονικών στιγμών μπορεί να είναι μεγαλύτερος από 7, 3, 4 και 6 για τις τιμές 10, 15, 20 και 25 της MMV αντίστοιχα. Αυτό θα εξαρτηθεί από το πόσες χρονικές στιγμές δειγματοληψίας θα δει ο χειριστής για να βεβαιωθεί ότι έφθασε στη σταθερή τιμή πέρα από την οποία δεν μπορεί να μεταβληθεί η ελεγχόμενη μεταβλητή.

(δ) Βρίσκοντας τη χρονική στιγμή μετά την οποία η ελεγχόμενη μεταβλητή έχει σταθεροποιηθεί σε μια τιμή με μικρή απόκλιση από την επιθυμητή τιμή των 150 °C και η οποία δεν αλλάζει στις επόμενες χρονικές στιγμές δειγματοληψίας, μπορείτε να θέσετε το σύστημα στον αυτόματο τρόπο λειτουργίας βάζοντας στη μεταβλητή AM στον πίνακα παραμέτρων και μεταβλητών του PidControl10 την τιμή False και στη μεταβλητή MMV την τιμή 0 ακολουθώντας μια παρόμοια διαδικασία πληκτρολογήσεων με αυτή που περιεγράφηκε στην τρίτη παράγραφο του βήματος (γ). Στην περίπτωση αυτή το λογισμικό θα εκτελεστεί έτσι ώστε οι τιμές της εξόδου του αλγορίθμου, pk, να παίρνουν τις τιμές των υπολογισμών του αλγορίθμου PID. Αυτό μπορεί να γίνει διότι τώρα ισχύει η σχέση (1) βάσει της οποίας ρυθμίστηκε ο PID αλγόριθμος.

Προκειμένου να συνεχίσετε τη λειτουργία του συστήματος κάτω από τον έλεγχο του PID αλγορίθμου, δηλαδή αυτόματα αρχίστε να πληκτρολογείτε F5 μέχρις ότου η ελεγχόμενη μεταβλητή λάβει την τιμή των 150 °C ή τιμή με πολύ μικρή απόκλιση από αυτή (π.χ.,  $< \pm 5\%$ ). Μπορείτε τότε να συμπεράνετε ότι ο αλγόριθμός είναι καλά συντονισμένος (έχουν επιλεγεί σωστές τιμές για τις παραμέτρους του KC, T<sub>i</sub> και T<sub>d</sub>).

(ε) Αφού έχετε θέσει σε αυτόματη λειτουργία το σύστημα και η ελεγχόμενη μεταβλητή έχει λάβει την επιθυμητή τιμή, εφαρμόστε για διάρκεια μιας στιγμής δειγματοληψίας διαταραχή 3 μονάδων (CRTFL =3) θέτοντας την μεταβλητή d στον πίνακα παραμέτρων και μεταβλητών στην τιμή True και προχωρήστε στην εκτέλεση του λογισμικού πατώντας F5. Μετά το σταμάτημα του προγράμματος στο σημείο διακοπής επαναφέρατε την τιμή της d στην τιμή False. Τώρα η ελεγχόμενη μεταβλητή αυξήθηκε κατά 3 μονάδες. Συνεχίστε την εκτέλεση του λογισμικού για ένα αριθμό στιγμών δειγματοληψίας μέχρις ότου δείτε η ελεγχόμενη μεταβλητή να επανέρχεται στην τιμή των 150 °C.

(στ) Υποβάλετε συμπληρωμένο το φύλλο απαντήσεων που έχει φορτωθεί στο e-learning καταγράφοντας:

- στους πίνακες που δίνονται, τις διαδοχικές τιμές που έλαβε η ελεγχόμενη μεταβλητή σε όλες τις χρονικές στιγμές δειγματοληψίας για κάθε ένα από τους τρεις τρόπους λειτουργίας του συστήματος που εξηγήθηκαν παραπάνω,
- σχεδιάστε τις γραφικές παραστάσεις που αντιστοιχούν στους πίνακες αυτούς,

- βρείτε τη σταθερά χρόνου και χρόνου αποκατάστασης για κάθε ένα από τους παραπάνω τρόπους λειτουργίας του συστήματος.

Σημείωση: Ως σταθερά χρόνου ορίζεται ο χρόνος που χρειάζεται για να μεταβεί η ελεγχόμενη μεταβλητή από την τιμή που έχει μετά την παρέλευση του νεκρού χρόνου μέχρι το 63% της επιθυμητής τιμής.

Ως χρόνος αποκατάστασης ορίζεται ο χρόνος που χρειάζεται για να λάβει η ελεγχόμενη μεταβλητή τιμή με πολύ μικρή απόκλιση από την επιθυμητή από την χρονική στιγμή έναρξης λειτουργίας του συστήματος.