

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εφαρμογή νέων τεχνολογιών και αυτοματοποιημένων διατάξεων στους χώρους των υπογείων μεταλλείων προκαλούσε ανέκαθεν προβληματισμό, αφού κυριαρχούσε η αντίληψη ότι τα εν λόγω συστήματα δεν λειτουργούν ικανοποιητικά στις επικρατούσες δυσμενείς συνθήκες. Η πεποίθηση αυτή, τελικά, είχε ως αποτέλεσμα την καθυστερημένη εγκατάσταση των προηγμένων ηλεκτρονικών διατάξεων αυτοματισμού, που βασίζονται στις δυνατότητες που παρέχουν οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές (H/Y), στα πεδία της μεταλλευτικής βιομηχανίας, αντίθετα από ό,τι συνέβαινε στην πλειοψηφία των υπολοίπων βιομηχανικών τομέων, όπου τα προϊόντα της πληροφορικής ετύγχαναν ευρύτατης αποδοχής.

Κατά την τελευταία δεκαετία διαφοροποιήθηκε η συγκεκριμένη πεποίθηση, αφού πληθώρα εξελιγμένων συστημάτων παρακολούθησης και απόκτησης πληροφοριών (Data Acquisition systems) εφαρμόστηκαν επιτυχώς σε πολλά μεταλλεία του εξωτερικού, προσφέροντας μεγάλες δυνατότητες προγραμματισμού λειτουργίας και αυτοματοποίησης διατάξεων ελέγχου. Άλλωστε, η επίτευξη υψηλού ρυθμού παραγωγικότητας και η εξόρυξη ανταγωνιστικού μεταλλευτικού προϊόντος αξιώνει βέλτιστες διαδικασίες παραγωγής, οι οποίες δύσκολα επιτυγχάνονται απουσία των υψηλών τεχνολογιών που προσφέρει η επιστήμη της πληροφορικής. Για διαφόρους λόγους, παρόμοια εξελιγμένα συστήματα απόκτησης πληροφοριών και ελέγχου (DA&C) δεν έχουν, έως σήμερα, εφαρμοσθεί σε Ελληνικά υπόγεια μεταλλεία.

Το Εργαστήριο Μεταλλευτικής Τεχνολογίας του Ε.Μ.Π., σε συνεργασία με την εταιρεία «ΑΕΜ ΒΩΞΙΤΑΙ ΠΑΡΝΑΣΣΟΥ», πραγματοποιεί ερευνητικές προσπάθειες σχεδιασμού και ανάπτυξης των βασικών τμημάτων που απαρτίζουν ένα σύστημα DA&C, με απώτερο στόχο την κατασκευή ενός ικανού, ευέλικτου και σχετικά μικρού κόστους συστήματος DA&C πολλαπλών εφαρμογών.

Στη συγκεκριμένη εργασία γίνεται αναφορά στις βασικές αρχές λειτουργίας των εν λόγω συστημάτων, αναλύονται οι παράγοντες που επηρεάζουν την αξιοπιστία τους και προτείνεται μια φιλοσοφία σχεδιασμού, η οποία πιστεύουμε ότι είναι η πλέον ενδεδειγμένη, ώστε να ελαχιστοποιηθούν τα πιθανά σφάλματα μέτρησης, που οφείλονται, εν μέρει, στις ανεπιθύμητες διαταραχές που προκαλούνται από το αντίξοο περιβάλλον των υπογείων μεταλλείων.

Τέλος, γίνεται προσπάθεια τυποποίησης των χαρακτηριστικών και των τεχνικών προδιαγραφών που πρέπει να πληρούν τα συστήματα AD&C, ώστε να λειτουργούν απροβλημάτιστα και με ασφάλεια, όπως άλλωστε απαιτούν οι Κανονισμοί Ασφαλείας και επιβάλλει η πρακτική των υπογείων εκμεταλλεύσεων.

2. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ DA&C

Η παρακολούθηση κρίσιμων παραμέτρων ενός υπογείου μεταλλείου, όπως π.χ. παραμέτρων που αφορούν στο κύκλωμα αερισμού (περιεκτικότητα εκρηκτικών και τοξικών αερίων, μετρήσεις της ταχύτητας και της πίεσης του αέρα κλπ.), είναι αναγκαία, πραγματοποιείται δε ανέκαθεν με χρήση απλών στην αρχή και εξελιγμένων αργότερα, διατάξεων. Το κλασικό παράδειγμα του καναρινιού με το οποίο παρακολουθείτο η επικίνδυνη αύξηση της περιεκτικότητας του CO σε ανθρακωρυχεία και των αυτοματοποιημένων σημερινών διατάξεων που χρησιμοποιούν ηλεκτροχημικούς αισθητήρες CO, αντικατοπτρίζει μικρό μόνο τμήμα της εξέλιξης των σύγχρονων

συστημάτων παρακολούθησης (monitoring) ή των αυτοματοποιημένων διατάξεων απόκτησης και επεξεργασίας πληροφοριών και ελέγχου.

Ως σύστημα DA&C θεωρούμε σύνολο ηλεκτρονικών και μηχανικών διατάξεων που στοχεύει, αφ' ενός στη συλλογή όλων των αναγκαίων πληροφοριών, βάσει των οποίων μπορεί να περιγραφεί ικανοποιητικά, από πλευράς ενδιαφερουσών συνθηκών, ένας συγκεκριμένος χώρος και αφ' ετέρου στην εξασφάλιση δυνατοτήτων ελέγχου ορισμένων κρίσιμων παραμέτρων, από τις οποίες επηρεάζεται ο εν λόγω χώρος.

Τα συστήματα DA&C πραγματικού χρόνου (real time) χαρακτηρίζονται από την ικανότητά τους να προσδίδουν δυνατότητες επεξεργασίας δεδομένων και/ή ελέγχου μέσα σε κατάλληλο χρονικό περιθώριο. Το χρονικό αυτό περιθώριο εξαρτάται άμεσα από την επιθυμητή ταχύτητα και ακρίβεια δεδομένης εφαρμογής.

Στο παρελθόν, όταν η διαδικασία παρακολούθησης αποτελούσε τη βασική επιδίωξη, γινόταν χρήση αυτόματων καταγραφικών διατάξεων (automatic data logger) που περιελάμβαναν μαγνητική αποθήκευση και εκτυπωτικά συστήματα. Με την αύξηση όμως των εφαρμογών δημιουργήθηκαν, όπως ήταν επόμενο και αυξανόμενες δυνατότητες που δεν μπορούσαν να καλυφθούν από τις περιορισμένες απαιτήσεις που πρόσφεραν το λογισμικό (software) και τα ηλεκτρονικά κυκλώματα (hardware) των συστημάτων αυτών. Το κενό καλύφθηκε γρήγορα με τη βοήθεια των ψηφιακών υπολογιστών και στη συνέχεια με τη ραγδαία εξέλιξη των προσωπικών ηλεκτρονικών υπολογιστών (personal computers).

Μια συνοπτική αναφορά στις εργασίες των τελευταίων 25 ετών του Γραφείου μεταλλείων των ΗΠΑ (USBM), που αφορούν στην κατασκευή και εγκατάσταση συστημάτων παρακολούθησης και ελέγχου σε υπόγεια μεταλλεία των ΗΠΑ, παρουσιάζει τα κυριότερα βήματα εξέλιξης των συστημάτων DA&C, που βασίζονται στη δομή των H/Y.

Αρχικά, το έτος 1976, αναφέρεται η κατασκευή απλού συστήματος ικανού να παρακολουθεί την περιεκτικότητα του Ραδονίου κατωτάτου ορίου 50 picocuries ανά λίτρο (pCi/l). Χρησιμοποιούσε 5 αισθητήρες και εκτελούσε απλή δειγματοληψία 12 φορές κάθε ώρα, βασιζόταν δε σε απλό επεξεργαστή 8-bit⁽³⁾.

Στη συνέχεια, η εξέλιξη των Κεντρικών Μονάδων Επεξεργασίας (CPU) των H/Y έδωσε τη δυνατότητα κατασκευής συστήματος 32-καναλιών συνεχούς παρακολούθησης της Ραδιενέργειας (radiation working level-WL). Παράλληλα εξασφαλίζονται και περιορισμένες δυνατότητες παρακολούθησης λειτουργίας των βοηθητικών ανεμιστήρων και των ρυθμιστικών θυρών.⁽⁴⁾

Αργότερα, το έτος 1983 αναφέρεται σύστημα παρακολούθησης του ηλεκτρικού κυκλώματος υπογείου ανθρακωρυχείου που έχει δυνατότητες διάγνωσης ηλεκτρικών βλαβών, έλεγχο κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, κλπ.⁽¹⁰⁾

Εξελιγμένα συστήματα, βασιζόμενα στις αυξημένες δυνατότητες των σημερινών προσωπικών H/Y, αναφέρονται για παρακολούθηση ραδιενέργειας σε μεταλλεία Ουρανίου, με δυνατότητα παρακολούθησης έως και 768 διαφορετικών σημείων, σε αποστάσεις που πλησιάζουν τα 3 Km.⁽⁹⁾

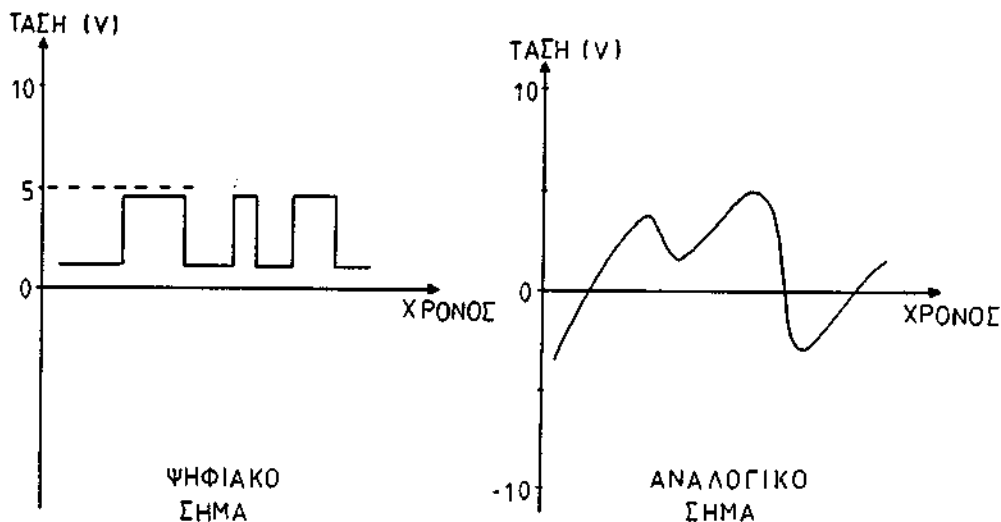
Ταυτόχρονα, η καθιέρωση προσωπικών H/Y με δομή τύπου IBM PC, έδωσε τη δυνατότητα στους κατασκευαστές των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων των συστημάτων DA&C, να σχεδιάσουν πιο σύνθετες —και βεβαίως δαπανηρότερες— διατάξεις, οι οποίες πλέον απευθύνονται σε ενοποιημένη και μεγαλύτερη αγορά και μπορούν να απορροφηθούν ευκολότερα.

Ασφαλώς οι μελλοντικές προοπτικές εφαρμογής των εν λόγω συστημάτων σε υπόγεια μεταλλεία είναι ευοίωνες, αφού, όπως έχει ήδη διαπιστωθεί, η εκτενής χρήση

τους συμβάλλει στην εξασφάλιση υγιεινών και ασφαλών συνθηκών εργασίας και συντελεί στον ακριβή και αυτόματο έλεγχο του μηχανολογικού εξοπλισμού, όπως π.χ. στις περιπτώσεις χρήσης μηχανών συνεχούς κοπής (continuous mining machines), γεγονός που αποτελεί το πρώτο βήμα στην προσπάθεια ανάπτυξης αυτόνομου και πλήρως αυτοματοποιημένου εξοπλισμού (robotic mining equipment).

3. ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ DA&C

Τα μεγέθη βάσει των οποίων επιτυγχάνεται η μέτρηση των φυσικών φαινομένων (π.χ. θερμοκρασία, πίεση, ταχύτητα κλπ.), βρίσκονται σε μορφή η οποία δεν γίνεται απ' ευθείας αποδεκτή από έναν Η/Υ. Οι πανίσχυροι σημερινοί Η/Υ παρέχουν μεν υψηλή ακρίβεια, ταχύτητα και αξιοπιστία επεξεργασίας δεδομένων, όμως διαθέτουν περιορισμένη «γλώσσα επικοινωνίας», αφού ουσιαστικά κατανοούν μόνο τα ψηφιακά σήματα 1 και 0, δηλαδή μόνο τις διακριτές καταστάσεις ON και OFF. Οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται, σε συνεργασία βεβαίως και με άλλες ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές διατάξεις, για τη μέτρηση των εν λόγω μεγεθών παρέχουν συνήθως αναλογικό ηλεκτρικό σήμα εξόδου, που συχνά χαρακτηρίζεται γραφικά από κυματοειδή και συνεχή γραμμή (ΣΧΗΜΑ 1).



Σχήμα 1: Μορφή των Ψηφιακών και των Αναλογικών σημάτων.
Fig. 1: Digital and Analog signals.

Συνεπώς απαιτείται, στη συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων, η μετατροπή των συγκεκριμένων ηλεκτρικών αναλογικών σημάτων σε ψηφιακή μορφή, δηλ. σε σειρά διακριτών καταστάσεων 1 και 0. Αυτό επιτυγχάνεται, αφ' ενός μεν με τη χρησιμοποίηση συσκευών μετατροπής Αναλογικών ηλεκτρικών σημάτων σε Ψφιακά (Α/Ψ), εφ' όσον ο επιδιωκόμενος στόχος είναι η μέτρηση δεδομένου φυσικού μεγέθους και αφ' ετέρου, μετατροπών Ψφιακών σημάτων σε Αναλογικά (Ψ/Α), εφ' όσον επιδιώκεται ο έλεγχος εξωτερικών λειτουργιών ή διατάξεων.

Επιπροσθέτως, η λειτουργία των συστημάτων DA&C στο αντίξοο και συχνά απρόβλεπτα μεταβαλλόμενο περιβάλλον των υπογείων μεταλλείων αρκετές φορές έχει καταστεί προβληματική, εξ' αιτίας είτε της απόκλισης εκ των προδιαγραφών, που οφείλουν να πληρούν οι ευαίσθητες ηλεκτρονικές διατάξεις που συγκροτούν τα εν λόγω συστήματα, είτε των διαταραχών και αλλοιώσεων που υφίστανται τα αναλογικά σήματα εξόδου των αισθητήρων, κατά τη μεταφορά τους στον τόπο επεξεργασίας τους. Ως αποτέλεσμα έχουμε την απόκτηση ανασφαλών και αβέβαιων πληροφοριών, που οδηγούν σε προβληματική και, ίσως, επικίνδυνη λειτουργία των συστημάτων DA&C.

Η επίλυση των συγκεκριμένων προβλημάτων προϋποθέτει, εκτός βεβαίως της επιλογής των κατάλληλων ηλεκτρονικών διατάξεων, ικανών να λειτουργούν απροβλημάτιστα στις σκληρές και αντίξοες συνθήκες των μεταλλείων, την εύρεση τρόπου βέλτιστης μεταφοράς του σήματος σε μακρινές αποστάσεις και συχνά προ-επεξεργασία αυτού, ώστε να βρίσκεται σε μορφή που θα εξασφαλίζει τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια μέτρησής του.

Ακολουθώς, αναφέρονται τα κυριότερα στάδια που πρέπει να μελετηθούν προκειμένου να επιλεγούν οι κατάλληλες συσκευές και διατάξεις προς συγκρότηση συστήματος DA&C σε μεταλλείο:

ΣΤΑΔΙΟ 1. Επιλογή των κατάλληλων αισθητήρων προς ικανοποιητική μέτρηση των επιθυμητών φυσικών μεγεθών.

ΣΧΗΜΑ 2. Μελέτη των πιθανών διαταραχών του αναλογικού σήματος εξόδου των αισθητήρων.

ΣΤΑΔΙΟ 3. Καθορισμός βασικών στοιχείων σχεδιασμού του κυκλώματος προεπεξεργασίας του αναλογικού σήματος.

ΣΤΑΔΙΟ 4. Επιλογή του κατάλληλου μετατροπέα Α/Ψ σημάτων.

ΣΤΑΔΙΟ 5. Σχεδιασμός του αναγκαίου λογισμικού.

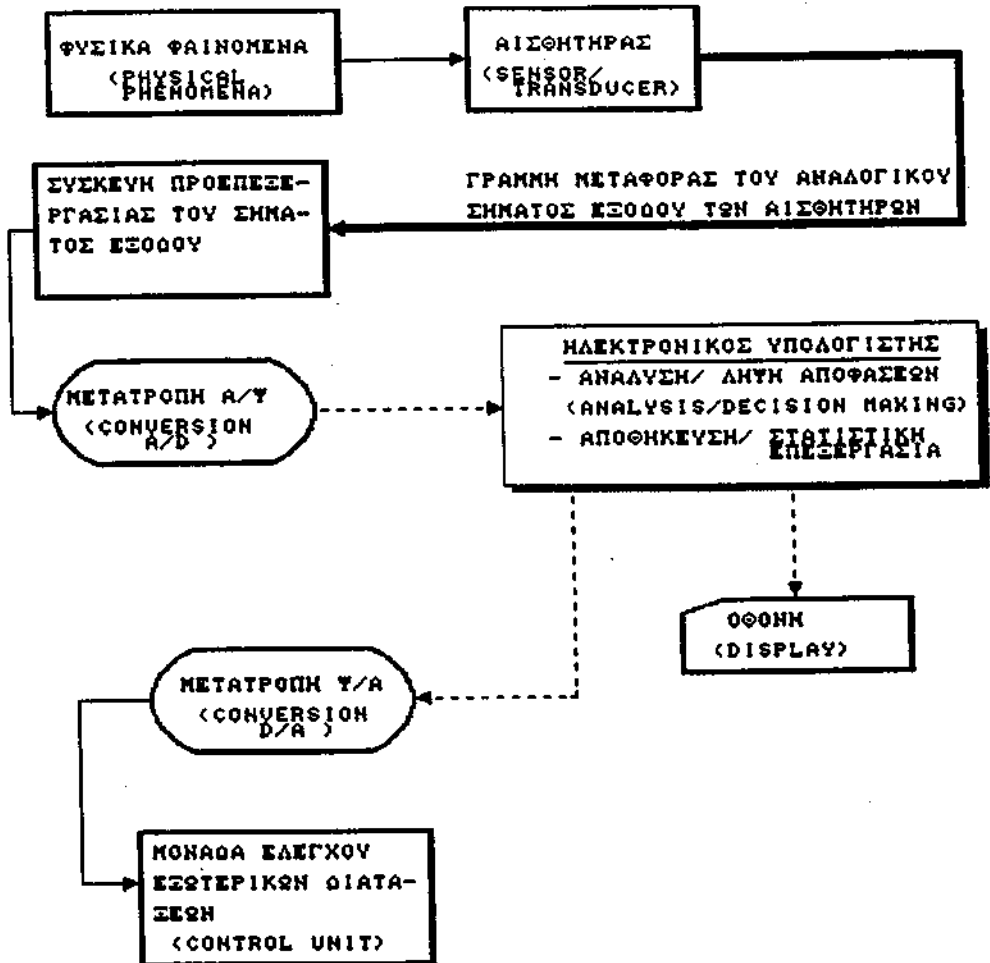
ΣΤΑΔΙΟ 6. Σχεδιασμός των διατάξεων επίτευξης του επιθυμητού ελέγχου.

Στο ΣΧΗΜΑ 2 φαίνονται τα δομικά στοιχεία ενός παρομοίου συστήματος DA&C. Πρέπει να επισημανθεί ότι τα επιμέρους τμήματα που συγκροτούν το σύστημα DA&C δεν έχουν ανεξάρτητη συμπεριφορά μεταξύ τους και ασφαλώς τα τεχνικά χαρακτηριστικά και οι προδιαγραφές καθ' ενός οφείλουν να εξασφαλίζουν την αρμονική λειτουργία ολόκληρου του συστήματος.

4. ΣΤΑΔΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΠΡΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ DA&C

4.1. Επιλογή των κατάλληλων αισθητήρων

Ικανοποιητικός αριθμός εταιρειών διαθέτουν σήμερα στην αγορά πληθώρα αισθητήρων, ικανών να μετρούν σχεδόν όλα τα φυσικά μεγέθη. Ο προβληματισμός πλέον ανάγεται στην επιλογή των οικονομικότερων λύσεων, που εξασφαλίζουν το επιθυμητό εύρος μετρήσεως, με την αναγκαία συχνότητα και τη μεγαλύτερη ακρίβεια. Αρ-



Σχήμα 2: Δομικά στοιχεία ενός συστήματος απόκτησης πληροφοριών και ελέγχου.
 Fig. 2: Basic elements of a Data Acquisition and Control system.

χικά, το επιθυμητό εύρος τιμών καθορίζεται από τη διαφορά της μικρότερης και της μεγαλύτερης εμφανιζόμενης τιμής μετρήσεως, προσαυξανόμενο κατά κάποια τιμή ασφαλείας, ώστε να αποτρέπεται καταστροφή του αισθητήρα εξ' αιτίας απότομης αύξησης της τιμής μέτρησης. Αυτό σημαίνει ότι ακόμη και για το ίδιο μετρούμενο μέγεθος, διαφοροποιείται το επιθυμητό εύρος μετρήσεως, ανάλογα με την εφαρμογή.

Για παράδειγμα, εάν είναι επιθυμητή η μέτρηση του ποσοστού του CO, στην ατμόσφαιρα υπογείου μεταλλείου, το οποίο εκλύεται από τις μηχανές Diesel του μηχανολογικού εξοπλισμού, θα επιλεγεί αισθητήρας με επιθυμητό εύρος τιμών της τάξεως 0-100 ppm, προσαυξανόμενο κατά 100 ppm περίπου, ώστε να καλυφθεί η πιθανή περίπτωση κατά την οποία η εξάτμιση κάποιου φορτωτή LHD βρεθεί πολύ κοντά στον αισθητήρα και γίνει μέτρηση καυσαερίου πολύ υψηλής περιεκτικότητας σε CO. Αντιστοίχως, εάν επιθυμούμε την ανίχνευση CO, μέσω της οποίας θα υποδηλώνεται πυρκαγιά σε μεταφορική ταινία ανθρακωρυχείου, θα επιλεγεί επιθυμητό εύρος τιμών της τάξεως 500-2000 ppm, προσαυξανόμενο κατά 2000 ppm ώστε να εξασφαλισθεί η πιθανότητα έναρξης φωτιάς σε απόσταση πολύ κοντά στον αισθητήρα.

Η ακρίβεια μετρήσεως του αισθητήρα έχει άμεση σχέση με το επιθυμητό εύρος μετρήσεως. Στο προηγούμενο παράδειγμα είναι επιθυμητή μεγαλύτερη ακρίβεια μετρήσεως —και συγκεκριμένα της τάξεως του 1 ppm— στην περίπτωση όπου υπάρχει μικρότερο εύρος μετρήσεων, δηλ. στην περίπτωση της μέτρησης του CO που εκλύεται από τις μηχανές Diesel.

Η συχνότητα μετρήσεων (Συχνότητα μετρήσεων = αριθμός μετρήσεων ανά δευτερόλεπτο) μετρείται σε Hz.

Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, η συχνότητα των μετρήσεων εξαρτάται κυρίως από την ταχύτητα επεξεργασίας δεδομένων ολόκληρου του συστήματος DA&C, η οποία συνήθως είναι πάρα πολύ υψηλή.

Περισσότερο κρίσιμη είναι η παράμετρος του χρόνου απόκρισης του αισθητήρα (response-rise time), δηλ. του χρόνου που απαιτείται, για να ανιχνευθεί, από τη στιγμή που εμφανισθεί διαφοροποίηση της τιμής του μετρούμενου μεγέθους, το 90% της τιμής της συγκεκριμένης μεταβολής.

Ο αισθητήρας συχνά συνοδεύεται από ηλεκτρονικό κύκλωμα (transducer), με τη βοήθεια του οποίου επιτυγχάνεται η διαβίβαση της μέτρησης υπό μορφή αναλογικού ηλεκτρικού σήματος.

Πρωταρχικής σημασίας παράγοντα αποτελεί η επιλογή αισθητήρων μη επηρεαζόμενων υπό των αντίξωων συνθηκών που επικρατούν στις μεταλλευτικές εκμεταλλεύσεις, δηλαδή αισθητήρων οι οποίοι ουσιαστικά πληρούν προδιαγραφές που καλύπτουν τη θερμοκρασία, την υγρασία, την ατμοσφαιρική πίεση, το διαβρωτικό περιβάλλον, τις ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές, τους κονιορτούς, την ύπαρξη διαφόρων τοξικών ή εκρηκτικών αερίων, τους κραδασμούς κλπ.

Παράλληλα, πρέπει να δοθεί προσοχή στην αποφυγή εκλογής αισθητήρων που απαιτούν συνεχή έλεγχο και πολύπλοκη διαδικασία ρυθμίσεως, αφού χρειάζεται ειδικό προσωπικό για τη συγκεκριμένη λειτουργία, το οποίο συνήθως δεν είναι διαθέσιμο.

Συνοπτικά, κατά την επιλογή των κατάλληλων αισθητήρων προτείνεται να ληφθεί υπ' όψη η ικανοποίηση των κάτωθι απαιτήσεων:

- Η απρόσκοπτη λειτουργία τους στο περιβάλλον ενός υπογείου μεταλλείου.
- Η παροχή του επιθυμητού εύρους μετρήσεων, με την αναγκαία ακρίβεια και την ανάλογη συχνότητα.

- Η αυτόνομη λειτουργία τους σε ό,τι αφορά στην ύπαρξη πηγής τροφοδοσίας τους.
- Η ικανοποίηση των αναγκαίων κανονισμών ασφαλείας, ώστε να επιτρέπεται η χρήση τους σε υπόγειο μεταλλείο.
- Κατάλληλο μέγεθος και μικρό βάρος, ώστε να τοποθετούνται εύκολα.
- Να μην απαιτούν συνεχή συντήρηση.

Η τυποποίηση των ανωτέρω χαρακτηριστικών για κάθε συγκεκριμένη κατηγορία αισθητήρων είναι σχεδόν αδύνατη, εξ' αιτίας του μεγάλου αριθμού των αισθητήρων και του συνεχώς αυξανόμενου αριθμού των εφαρμογών. Μια πολύ σοβαρή προσπάθεια τυποποίησης έχει εκδηλωθεί από το Γραφείο Μεταλλείων των ΗΠΑ, βάσει της οποίας προτάθηκαν τα τεχνικά χαρακτηριστικά που θα πρέπει να ικανοποιούν οι αισθητήρες που χρησιμοποιούνται σε συγκεκριμένες κατηγορίες εφαρμογών. Για παράδειγμα, στον ΠΙΝΑΚΑ 1 αναφέρεται τμήμα των προδιαγραφών που πρέπει να ικανοποιούν οι αισθητήρες μέτρησης του CO, του CH₄ και της ταχύτητας του αέρα, ώστε να λειτουργούν απρόσκοπτα σε περιβάλλον υπογείου ανθρακωρυχείου.

ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΠΟΥ ΑΦΟΡΟΥΝ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Ικανοποίηση των Κανονισμών Ασφαλείας.	Σχεδιασμός και κατασκευή σύμφωνα με τις εκάστοτε προδιαγραφές ασφαλείας που αναφέρονται σε εγκατάσταση ηλεκτρικών συσκευών σε υπόγειο ανθρακωρυχείο.
Θερμοκρασία λειτουργίας.	4 έως 40 °C
Θερμοκρασία αποθήκευσης.	-40 έως +50 °C
Σχετική υγρασία.	30% έως 100% RH
Ατμοσφαιρική πίεση.	9,7 έως 19,7 psi
Διαβρωτικό περιβάλλον.	Δοκιμή διάχυσης με υγρό, οξύτητας pH 3,3 ,για 120 ώρες.
Δοκιμή κραδασμών.	Δοκιμή πτώσης από 36 inches σε ξύλινο πάτωμα.
Ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές.	Έρευνα ευπάθειας του αισθητήρα από ύπαρξη ραδιοκυμάτων, χρησιμοποιώντας τη δοκιμή φασματικής πυκνότητας του Εθνικού Γραφείου Τυποποίησης των ΗΠΑ.
Ύπαρξη σκόνης.	Έως 10 mg/m ³ αέρας ή σκόνη.
Ταχύτητα του αέρα.	Έως 1.750 fpm.

ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΠΟΥ ΑΦΟΡΟΥΝ ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ

Μέγεθος	Ελάχιστο
Σχήμα	Χωρίς αιχμηρά σημεία ή γωνίες
Βάρος	Ελάχιστο
Έδραση	Ικανότητα τοποθέτησής τους σε όσα σημεία είναι επιθυμητό.

Πίνακας 1: Κυριότερες προτεινόμενες προδιαγραφές που αφορούν στο περιβάλλον λειτουργίας και στις φυσικές διαστάσεις των αισθητήρων μέτρησης CO, CH₄ και ταχύτητας του αέρα, για εφαρμογές σε υπόγειο ανθρακωρυχείο.

Table 1: Minimum performance specifications for CO, CH₄ and air velocity sensors, concerning environmental and design requirements for underground coal mine.

4.2. Μελέτη των πιθανών διαταραχών του αναλογικού σήματος εξόδου των αισθητήρων

Τα αναλογικά σήματα εξόδου των αισθητήρων περιέχουν συχνά ανεπιθύμητες παρεμβολές και ενοχλήσεις, οι οποίες μειώνουν την ακρίβεια μέτρησης και ονομάζονται θόρυβος (noise).

Οι συγκεκριμένες παρεμβολές οφείλονται στη δημιουργία ασθενών ηλεκτρικών ρευμάτων, εξ' αιτίας της επαγωγικής, της χωρητικής και της ωμικής αντίστασης της γραμμής μεταφοράς, τα οποία βρίσκονται σε σειρά με τα αναλογικά σήματα εξόδου των αισθητήρων. Η ελαχιστοποίηση του προβλήματος επιτυγχάνεται, στην πλειοψηφία των εφαρμογών, μέσω προσπάθειας μείωσης του λόγου N:

$$N=10.\log_{10} \left(\frac{\text{Ένταση αναλογικού σήματος εξόδου των αισθητήρων}}{\text{Ένταση Θορύβου}} \right)$$

ο οποίος μετρείται σε μονάδες db.

Παραδείγματα περιπτώσεων, όπου η λειτουργία διαφόρων διατάξεων που βρίσκονται σε χώρους υπογείων μεταλλείων, ενδεχομένως δημιουργεί ανεπιθύμητες παρεμβολές, είναι τα ακόλουθα:

- α) Η έναρξη λειτουργίας υψηλής εντάσεως φορτίων (π.χ. λειτουργία ανεμιστήρων υψηλής ισχύος) σε κοντινή απόσταση από την καλωδίωση μεταφοράς του σήματος των αισθητήρων, μπορεί να εισάγει θόρυβο λόγω μαγνητικής επαγωγής. Για την εξήγηση του φαινομένου πρέπει να γίνει αναφορά στο νόμο του Faraday, σύμφωνα με τον οποίο κατά την έναρξη λειτουργίας των ανεμιστήρων διαφοροποιείται ο λόγος di/dt , όπου i , η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος και t , ο χρόνος μεταβολής. Η εν λόγω διαφοροποίηση προκαλεί μεταβολή της έντασης του μαγνητικού πεδίου που βρίσκεται γύρω από την καλωδίωση, με αποτέλεσμα την εμφάνιση διαφοράς δυναμικού.
- β) Καλώδια μεταφοράς του σήματος κοντά σε διάταξη που τροφοδοτείται με εναλλασσόμενη τάση μπορεί να δημιουργήσει θόρυβο λόγω της χωρητικής αντίστασης του καλωδίου (δηλαδή ουσιαστικά τη δημιουργία ενός πυκνωτή χωρητικότητας C), και δημιουργία ανεπιθύμητων ασθενών ρευμάτων, συχνότητας 50-60 Hz.
- γ) Η καταστροφή, λόγω ατυχήματος (π.χ. πτώση τεμαχίων οροφής, εκσφενδονισμός τεμαχίων εξαιτίας πυροδοτήσεως διατρημάτων κλπ.), των καλωδίων μεταφοράς των σημάτων και πιθανώς καλωδίων που φέρουν ρεύμα υψηλής τάσεως είναι ενδεχόμενο να προκαλέσει τη μεταξύ τους επαφή (βραχυκύκλωμα) και να επιτρέψει την άμεση ανεπιθύμητη ροή ρεύματος (ουσιαστικά τη δημιουργία θορύβου).

Οι επισυμβαίνουσες διαταραχές μέσω χωρητικού ή επαγωγικού μηχανισμού, προϋποθέτουν μικρή απόσταση μεταξύ της πηγής που προκαλεί την παρενόχληση και των καλωδίων μεταφοράς των σημάτων. Παρ' όλα αυτά, ηλεκτρομαγνητικά κύματα, που πιθανώς να προέρχονται από τις εκπομπές των κεραιών φορητών πομπών επικοινωνίας, μπορεί επίσης να προκαλέσουν παρεμβολές και σε μακρινή απόσταση, εφ' όσον διαθέτουν ικανή ισχύ.

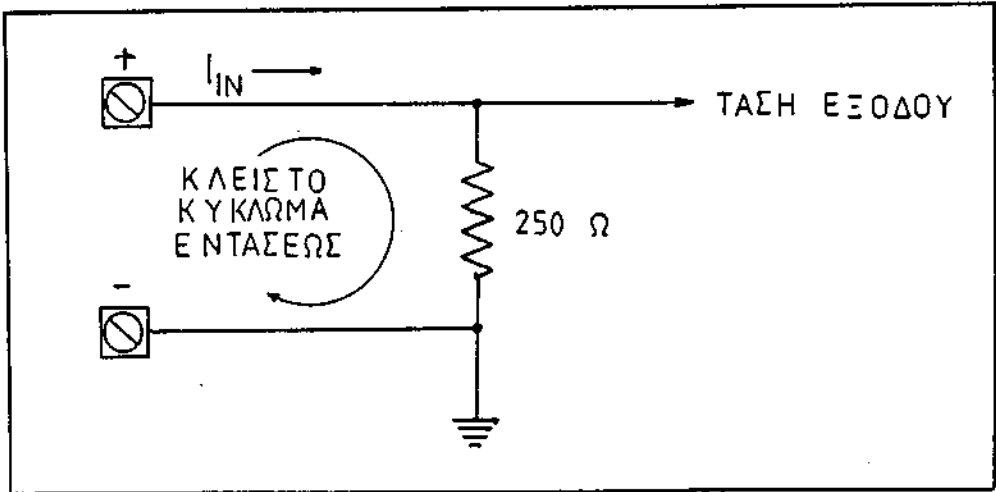
Σε όλες τις προηγούμενες περιπτώσεις το ύψος θορύβου μπορεί να ελεγχθεί και τελικά να ελαχιστοποιηθεί, από παράγοντες που είναι επιδεκτικοί βελτίωσης, όπως:

- Από τη σύνθετη αντίσταση εξόδου των καλωδίων μεταφοράς, την οποία οφείλει να υπερνικήσει το σήμα που προέρχεται από τους αισθητήρες (ως σύνθετη αντίσταση Z ονομάζουμε το άθροισμα της ωμικής, της επαγωγικής και της χωρητικής

αντίστασης της γραμμής μεταφοράς).

- Από την ισχύ του εν λόγω σήματος, η οποία ουσιαστικά οφείλει να είναι ανάλογη της σύνθετης αντίστασης.
- Από το είδος της καλωδίωσης που αποτελεί τη γραμμή μεταφοράς και συγκεκριμένα από το μήκος, τη θεώρηση και τη γείωσή της.
- Από την εγγύτητα στις πηγές δημιουργίας θορύβου.
- Από την ευρύτητα του λόγου Σήματος/Θόρυβο

Τα ηλεκτρικά κυκλώματα των αισθητήρων (transducers) που χαρακτηρίζονται από έξοδο αναλογικού σήματος υπό μορφή εντάσεως (I), έχουν τη δυνατότητα να στείλουν το εν λόγω σήμα αναλλοίωτο, σε απόσταση αρκετών εκατοντάδων μέτρων (300-1500 μέτρα), χωρίς ουσιαστική απώλεια της επιθυμητής ακρίβειας. Αντιθέτως, τα ηλεκτρικά σήματα εξόδου, που βρίσκονται υπό μορφή ηλεκτρικής τάσεως (V), εξασθενούν ταχύτατα, σε απόσταση λίγων μέτρων, λόγω της πτώσεως τάσεως που συμβαίνει στις αντιστάσεις των γραμμών μεταφοράς (οι όροι «υπό μορφή εντάσεως» και «υπό μορφή τάσεως» χρησιμοποιούνται ώστε να δηλώνουν εάν το αναλογικό σήμα μετρείται βάσει της τιμής της εντάσεώς του ή της τάσεώς του, αντίστοιχα). Σ' ένα κλειστό βρόγχο όπου το αναλογικό σήμα βρίσκεται υπό μορφή εντάσεως, η πτώση τάσεως που επισυμβαίνει, εξ' αιτίας της αντίστασης των καλωδίων, αναπροσαρμόζεται αυτόματα (με τη βοήθεια κατάλληλου ηλεκτρικού κυκλώματος που βρίσκεται στο εσωτερικό των αισθητήρων) και επιτυγχάνεται η διατήρηση της εντάσεως του αναλογικού σήματος εξόδου, στο επιθυμητό επίπεδο. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, η ηλεκτρική ένταση μετατρέπεται εύκολα σε ηλεκτρική τάση, στο εσωτερικό της συσκευής προεπεξεργασίας, με τη χρησιμοποίηση μιας απλής ωμικής αντίστασης (R) (ΣΧΗΜΑ 3). Με τη βοήθεια του νόμου του Ohm, $R=V/I$, υπολογίζεται ότι αντιστάσεις με τιμές 250 έως 500 Ohms παράγουν ηλεκτρική τάση 5-10 Volts από ένταση 4-20 mA.



Σχήμα 3: Απλό κύκλωμα μετατροπής σήματος υπό μορφή εντάσεως (4-20 mA) σε ηλεκτρική τάση.
Fig. 3: 4-20 mA input conversion circuit.

Τα κυκλώματα των αισθητήρων που στέλνουν αναλογικό σήμα εξόδου υπό μορφή εντάσεως είναι λιγότερο ευαίσθητα στη δημιουργία θορύβου λόγω μαγνητικής επαγωγής. Πράγματι, μαγνητικές παρεμβολές στα καλώδια σύνδεσης των αισθητήρων με το τμήμα προεπεξεργασίας του συστήματος DA&C, δημιουργούν διαφορά δυναμικού η οποία εμφανίζεται σε σειρά με την πηγή του σήματος εξόδου, με αποτέλεσμα να μεταβάλλεται η τάση στα άκρα του αισθητήρα. Εάν όμως αυτός πλησιάζει τα ιδανικά χαρακτηριστικά των πηγών με ένταση δεν θα παρουσιαστεί παρενόχληση αφού θα αναπροσαρμόσει αμέσως την ένταση στο ανάλογο επίπεδο.

Ο αγωγός της γραμμής μεταφοράς του αναλογικού σήματος εξόδου των αισθητήρων χαρακτηρίζεται από μικρή χωρητικότητα C, η οποία παρουσιάζει συνήθως τιμή, της τάξεως των 100 pF, όμως δημιουργεί ανεπιθύμητη ροή ασθενών ηλεκτρικών ρευμάτων, τόσο στα κυκλώματα όπου το σήμα εξόδου βρίσκεται υπό μορφή εντάσεως, όσο και στις περιπτώσεις που βρίσκεται υπό μορφή τάσεως. Ουσιαστικά, η ύπαρξη εναλλασσομένου ρεύματος παρενόχλησης, συχνότητας f, σε μικρή απόσταση από τη γραμμή μεταφοράς του σήματος εξόδου, σχηματίζει ένα διαιρέτη τάσεως (voltage divider) ανάλογο του μεγέθους $2\pi fRC$, όπου C η χωρητικότητα και R η αντίσταση του αγωγού. Όσο μικρότερη είναι η χωρητικότητα ή η συχνότητα παρενόχλησης, τόσο μικρότερο είναι και το εισαγόμενο λάθος. Οπωσδήποτε, η μείωση της αντίστασης παρέχει βελτιωτικά αποτελέσματα μόνο στα κυκλώματα των αισθητήρων που στέλνουν σήμα εξόδου υπό μορφή τάσεως.

Απλό παράδειγμα υπολογισμού του εισαγόμενου λάθους μέτρησης, είναι το εξής:

Υποθέτουμε ότι η ηλεκτρική πηγή που προκαλεί παρεμβολές, έχει τάση 110 V AC και συχνότητα 60 Hz, εκτιμούμε δε ότι η χωρητικότητα της γραμμής μεταφοράς του σήματος εξόδου είναι 100 pF και η αντίσταση μετατροπής είναι 250Ω (τυπική για κύκλωμα εντάσεως 4-20 mA). Το εισαγόμενο λάθος υπολογίζεται μικρότερο του 1 mV. Εάν η αντίσταση του φορτίου ήταν 100 KΩ, όπως θα είναι στην περίπτωση όπου το σήμα εξόδου βρίσκεται υπό μορφή τάσεως, το εισαγόμενο λάθος θα ήταν πολύ μεγαλύτερο. Η ισοδύναμη αντίσταση R εξαρτάται όχι μόνο από την αντίσταση φορτίου αλλά και από τη σύνθετη αντίσταση εξόδου και από τη φύση των παρεμβολών που προκαλούν τα καλώδια συνδέσεως. Στις χειρότερες συνθήκες το λάθος αυτό μπορεί να φτάσει και το 8% του μετρούμενου μεγέθους.

Πρέπει να σημειωθεί ότι στο προηγούμενο παράδειγμα δεν λάβαμε υπ' όψη μας τα πλεονεκτήματα που θα αποκομίσουμε με τη χρησιμοποίηση θωρακισμένου καλωδίου μεταφοράς των ηλεκτρικών σημάτων, κυκλώματος φιλτραρίσματος των σημάτων που προκαλούν θόρυβο και επιμελημένη γείωση του όλου συστήματος DA&C.

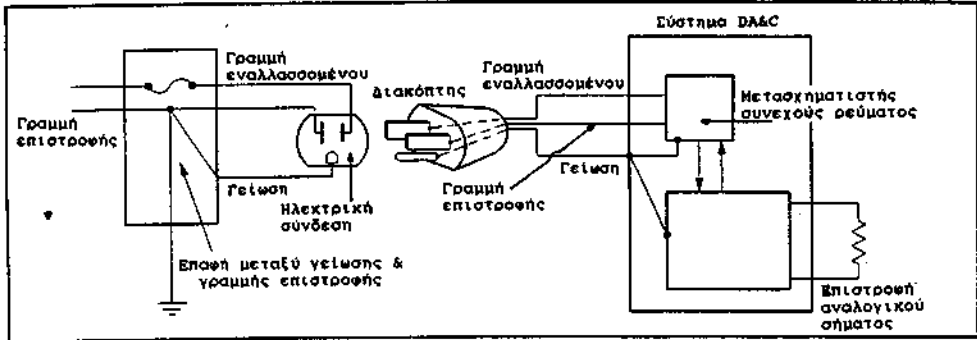
Πολλά προβλήματα που δημιουργεί η ύπαρξη θορύβου, αμβλύνονται, εφ' όσον:

- Δεν γίνεται σύγχυση μεταξύ γείωσης και επιστροφής του ρεύματος.
- Ελαχιστοποιείται η μαγνητική επαγωγή.
- Ελαχιστοποιούνται οι ηλεκτρομαγνητικές παρεμβολές.
- Διατηρείται η ισορροπία του δικτύου, δηλαδή εξασφαλίζεται η ομοιογενής κατανομή της χωρητικής αντίστασης, εάν βεβαίως τούτο είναι εφικτό.

Η εγκατάσταση ενός συστήματος DA&C σε υπόγειο μεταλλείο, όπου παρατηρείται συχνή κίνηση μηχανικού εξοπλισμού και προσωπικού προϋποθέτει τη γείωσή του για λόγους ασφαλείας, ώστε να αποτραπεί πιθανόν ατύχημα που μπορεί να προκληθεί

αποφευχθούν περισσότερες των μία επαφών μεταξύ τους (βλ. ΣΧΗΜΑ 4).

ύστερα από βραχυκύκλωμα και επαφή ανθρώπων με δυναμικό υψηλής τάσης. Η γείωση ουσιαστικά ενώνει τις συσκευές με το έδαφος και δεν χαρακτηρίζεται ως δίοδος επιστροφής του ρεύματος τροφοδοσίας ή του σήματος. Πρέπει να δοθεί προσοχή στη διάκριση μεταξύ της γείωσης και της γραμμής επιστροφής του ρεύματος, ώστε να



Σχήμα 4: Διαφορά μεταξύ γείωσης και γραμμής μεταφοράς του ρεύματος.
Fig. 4: Difference between ground and return conductors.

Η επιλογή του κατάλληλου τύπου καλωδίου σύνδεσης των αισθητήρων με τη διάταξη προ-επεξεργασίας των αναλογικών σημάτων, εξαρτάται, κυρίως, από το περιβάλλον τοποθέτησής του, από τη φύση των αναμενόμενων πηγών διαταραχής, από το επιθυμητό μήκος του και από την ένταση του σήματος.

Η χρησιμοποίηση ομοαξονικών θωρακισμένων καλωδίων ελαχιστοποιεί τις παρεμβολές που οφείλονται στη χωρητική σύζευξη, αφού επιτυγχάνεται, ουσιαστικά, η απορρόφηση των μαγνητικών κυμάτων ή η αντανάκλαση των ηλεκτρομαγνητικών.

Παράλληλα, η χρησιμοποίηση κοινού ζεύγους καλωδίων (twisted pairs) εξασφαλίζει την ομοιογενή κατανομή της χωρητικής αντίστασης και συμβάλλει στην ελαχιστοποίηση των ανεπιθύμητων ασθενών ηλεκτρικών ρευμάτων.

Το μέγιστο επιτρεπτό μήκος του καλωδίου εξαρτάται από τη μορφή με την οποία θα μεταφέρεται το αναλογικό σήμα (τάσεως ή εντάσεως).

Ειδικότερα, για δεδομένη ένταση 4-20 mA, επιθυμητή ακρίβεια 0.5% και επιθυμητή συχνότητα δειγματοληψίας 10 Hz έχουν χρησιμοποιηθεί ικανοποιητικά καλώδια θωρακισμένα, μήκους 300-1500 μέτρων. Σε αντίστοιχη περίπτωση, όπου το σήμα εκφράζεται υπό μορφή τάσεως, περιορίζεται το μήκος του καλωδίου στα 1.5-30 μέτρα.

Γενικά, το επιτρεπτό μήκος καλωδίου L είναι συνάρτηση των μεγεθών I_s , V_s , C_f , D_n , f_n , A , N_i , R_L , όπου
 I_s ή V_s ένταση ή τάση του σήματος
 C_f συντελεστής χωρητικότητας
 D_n απόσταση από την πηγή που δημιουργεί τη διαταραχή
 f_n συχνότητα της πηγής θορύβου
 A επιθυμητή ακρίβεια
 N_i ένταση της πηγής θορύβου
 R_L αντίσταση της γραμμής μεταφοράς

Συγκεκριμένα:

α) Στην περίπτωση όπου το σήμα εκφράζεται υπό μορφή εντάσεως

$$L = f(I_s, D_n, C_f, 1/f_n, 1/A, 1/N_i)$$

β) Στην περίπτωση όπου το σήμα εκφράζεται υπό μορφή τάσεως

$$L = f(V_s, D_n, C_f, 1/A, 1/N_i, 1/R_L)$$

4.3. Καθορισμός βασικών στοιχείων σχεδιασμού κυκλώματος προεπεξεργασίας του αναλογικού σήματος

Απαραίτητο τμήμα ενός συστήματος DA&C αποτελεί το κύκλωμα προεπεξεργασίας των αναλογικών σημάτων. Η ύπαρξη του εν λόγω κυκλώματος συμβάλλει στην προσπάθεια βελτιστοποίησης της απόδοσης του σχεδιαζομένου συστήματος, αφού επιδρά θετικά στην ποιότητα του σήματος εισόδου του A/Ψ μετατροπέα. Ένα κύκλωμα προεπεξεργασίας αποτελείται από τα εξής υπο-κυκλώματα: μετατροπή της εντάσεως του σήματος εξόδου σε τάση, κλιμάκωση και ενίσχυση του αναλογικού σήματος των αισθητήρων, φιλτράρισμα, απομόνωση και διάταξη προστασίας.

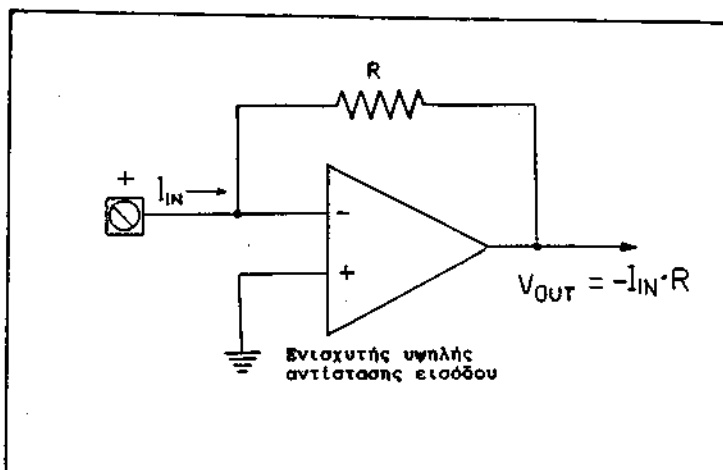
Μετατροπή της εντάσεως σε τάση

Όπως προαναφέρθηκε, το ηλεκτρικό σήμα εξόδου των αισθητήρων εκφράζεται υπό μορφή εντάσεως, της κλίμακας 4-20 mA. Πριν από την εισαγωγή του στον A/Ψ μετατροπέα μετασχηματίζεται σε ηλεκτρική τάση, με τη βοήθεια απλής ωμικής αντίστασης της τάξεως των 200-500 Ω. Πρέπει να χρησιμοποιείται η μεγαλύτερη δυνατή αντίσταση, η οποία δεν προκαλεί υπέρβαση του ορίου εισόδου του μετατροπέα και εξασφαλίζει τη μέγιστη δυνατή ανάλυση. Η σταθερότητα της συγκεκριμένης αντίστασης στις θερμοκρασιακές μεταβολές είναι πρωταρχικής σημασίας και είναι αναγκαίο, εφ' όσον λαμβάνονται υπ' όψη τυχόν μικρομεταβολές της τιμής της, να γίνονται οι απαραίτητες διορθώσεις, με τη βοήθεια του λογισμικού (software), ανά τακτά χρονικά διαστήματα.

Η τεχνική χρησιμοποίησης ωμικής αντίστασης έχει περιορισμούς, διότι εάν επιθυμούμε να μετρήσουμε ένταση της τάξεως του 1 μΑ θα χρειαστούμε αντίσταση 5 MOhms. Η χρησιμοποίηση τόσο μεγάλων αντιστάσεων προκαλεί σφάλμα μέτρησης, επειδή μικρά ρεύματα, της τάξεως των 10 nA, που δημιουργούνται από το σύστημα μέτρησης, αποκτούν μέσω της μεγάλης ωμικής αντίστασης υπολογισιμη τιμή, η οποία προστίθεται στη μέτρηση και την αλλοιώνει. Για τα ρεύματα χαμηλής εντάσεως προτείνεται διαφορετική διάταξη, όπως φαίνεται χαρακτηριστικά στο ΣΧΗΜΑ 5. Χρησιμοποιείται ένας ακριβής ενισχυτής υψηλής αντίστασης εισόδου (high input impedance), που δίνει τη δυνατότητα αξιόπιστου μετασχηματισμού ρευμάτων εντάσεως έως και 10 pA.

Κλιμάκωση και ενίσχυση του αναλογικού σήματος

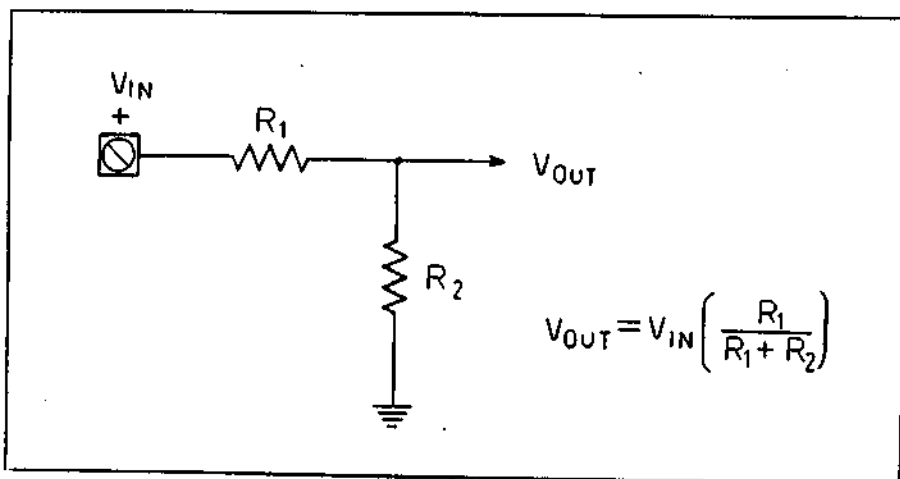
Οι A/Ψ μετατροπείς σχεδιάζονται να λειτουργούν με σήματα εισόδου μέγιστης



Σχήμα 5: Χαρακτηριστική διάταξη κυκλώματος μετατροπής χαμηλής εντάσεως ρεύματος.
 Fig. 5: A current to voltage converter circuit suitable for very low current levels.

κλίμακας -10 έως $+10$ V. Όταν ένα σήμα έχει τάση πολύ μικρότερη από την απαιτούμενη, μειώνεται η διακριτικότητα και η ακρίβεια μέτρησής του. Κάτω από αυτές τις συνθήκες χρειάζεται ενίσχυση του σήματος πριν εισαχθεί στον Α/Ψ μετατροπέα. Με έναν πολλαπλασιασμό της τάσεως επί 1000, μπορούμε να επεξεργαστούμε, με ικανοποιητική ακρίβεια, σήματα μικρότερα του $1 \mu\text{V}$.

Αντιστοίχως, εάν παρατηρείται υψηλή τάσεως του σήματος, απαιτείται η ελάττωσή της στα 10 V, που είναι η συνήθης μέγιστη τάση λειτουργίας των Α/Ψ μετατροπέων. Αυτό επιτυγχάνεται εύκολα με τη χρησιμοποίηση ενός απλού κυκλώματος διαιρέσεως της τάσεως (ΣΧΗΜΑ 6). Οι χρησιμοποιούμενες αντιστάσεις R_1 και R_2 πρέπει να είναι όσο το δυνατόν υψηλότερης τιμής, κάτι που περιορίζει όμως το εύρος των εισαγόμενων σημάτων.

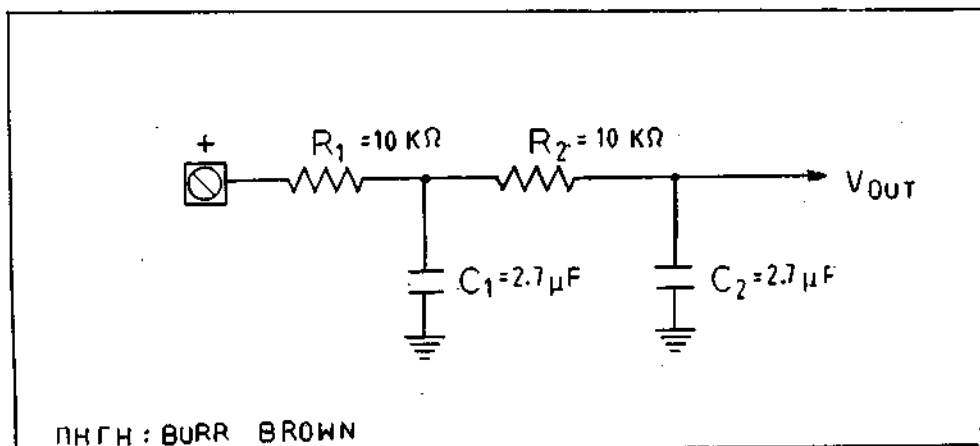


Σχήμα 6: Κύκλωμα διαιρέσεως της τάσεως.
 Fig. 6: Voltage divider circuit.

Φιλτράρισμα και απομόνωση

Η χρησιμοποίηση διατάξεων απομόνωσης των ανεπιθύμητων σημάτων, οι οποίες οδηγούν στην αύξηση του λόγου (Ένταση του αναλογικού σήματος των αισθητήρων/ Ένταση Θορύβου), καθίσταται αναγκαία σε όλα τα συστήματα DA&C. Οι μεγάλες δυνατότητες των σύγχρονων υπολογιστών (υψηλές ταχύτητες επεξεργασίας, κλπ.), συμβάλλουν, σε συνδυασμό με το κατάλληλο λογισμικό, στην απομόνωση των μη περιοδικών παρενοχλήσεων. Αυτό επιτυγχάνεται υπολογίζοντας, αρχικά, την προσδοκώμενη τιμή ενός μεγέθους, σε συνάρτηση με τις προηγούμενες μετρήσεις και απορρίπτοντας, στη συνέχεια, τις μετρήσεις με τιμές που διαφέρουν αρκετά από την προσδοκώμενη.

Η συγκεκριμένη τεχνική είναι λιγότερο αποτελεσματική όταν υπάρχουν πηγές που προκαλούν περιοδικό θόρυβο π.χ. ηλεκτρικά ρεύματα παρενόχλησης συχνότητας 50-60 Hz, που δημιουργούνται από καλώδια τροφοδοσίας υψηλής ισχύος. Το πρόβλημα επιλύεται με τη χρησιμοποίηση ενδεδειγμένων κυκλωμάτων (φίλτρων), ικανών να απομονώνουν συγκεκριμένες διαταραχές. Στο ΣΧΗΜΑ 7 περιγράφεται μια απλή διάταξη που απομονώνει ανεπιθύμητα ηλεκτρικά ρεύματα συχνότητας 60 Hz, μειώνοντάς τα κατά 380 φορές, δηλαδή κατά 52 dB.

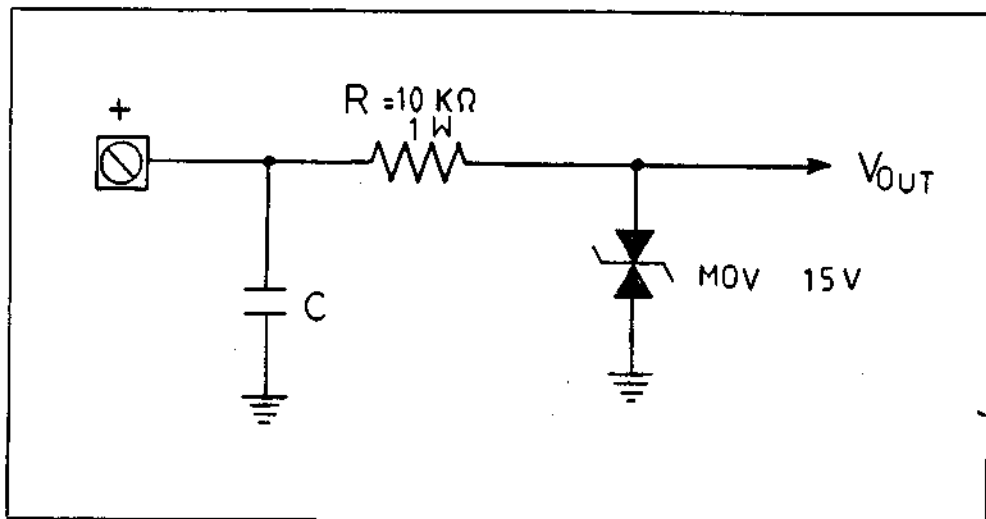


Σχήμα 7: Διάταξη απομόνωσης θορύβου 50-60 Hz.
Fig. 7: Low pass filter for attenuation 50-60 Hz noise.

Κύκλωμα προστασίας έναντι καταστροφής του εξοπλισμού.

Είναι απαραίτητη η ύπαρξη ενός κυκλώματος προστασίας, το οποίο θα αποτρέπει πιθανή καταστροφή του συστήματος DA&C, εξ' αιτίας εμφάνισης υψηλής τάσης εισόδου. Πιθανές διατάξεις που γίνονται αιτία δημιουργίας των εν λόγω υψηλών τάσεων είναι οι λαμπτήρες φωτισμού, τα μαγνητικά πεδία, τα ηλεκτρομαγνητικά σήματα, τα καλώδια που φέρουν ηλεκτρικό ρεύμα κ.ά.

Πρέπει να τονισθεί ότι οι συγκεκριμένες τάσεις εμφανίζονται για πολύ μικρή χρονική διάρκεια και επιτυγχάνεται ικανοποιητική προστασία με τη χρησιμοποίηση ημιαγωγών τύπου MOV (metal oxide varistors), οι οποίοι ενεργούν πολύ γρήγορα και απορροφούν τις μικροδιαταραχές υψηλής ενέργειας (high energy spikes). Απλή παρόμοια διάταξη φαίνεται στο ΣΧΗΜΑ 8.



Σχήμα 8: Αντιπροσωπευτικό σύστημα προστασίας από υψηλή τάση εισόδου.
Fig. 8: Representative input protection-network.

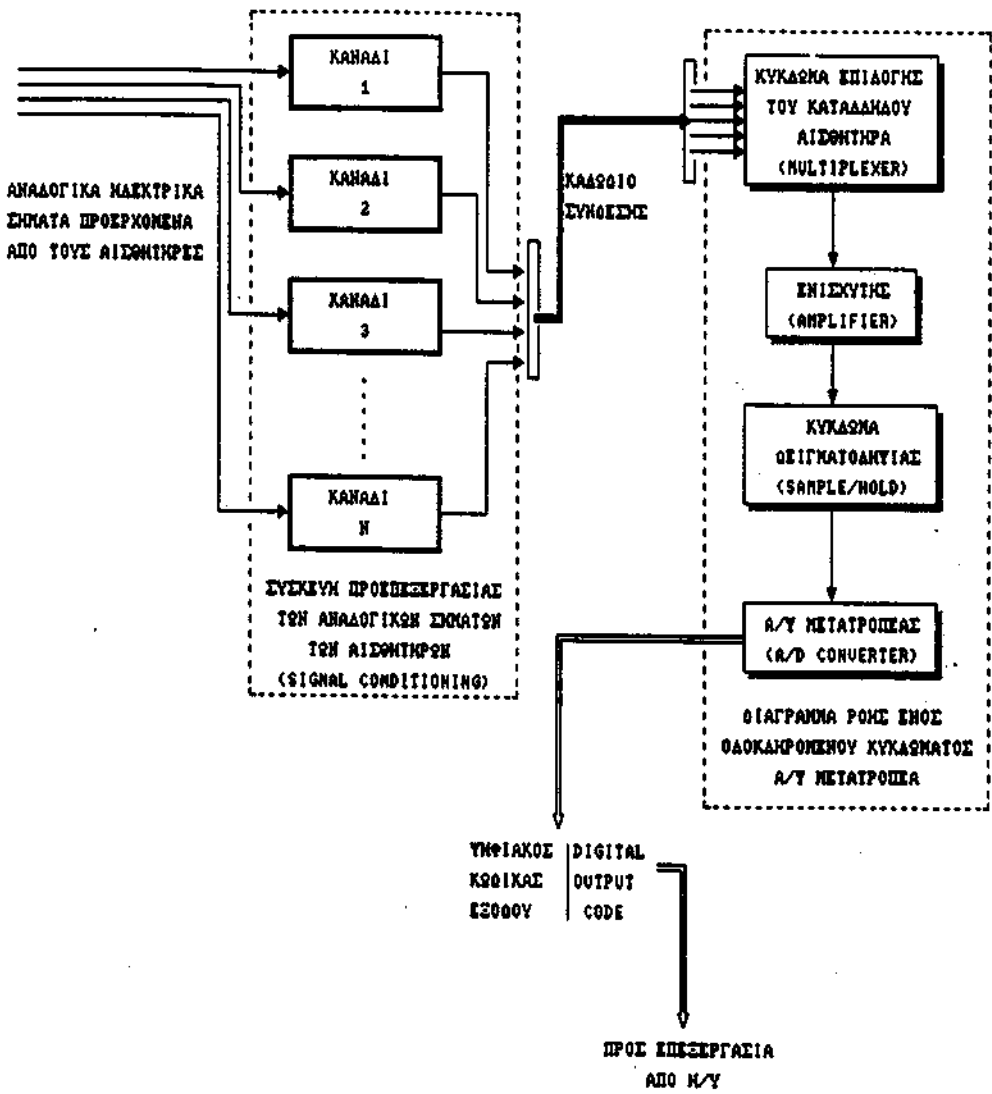
4.4. Επιλογή κατάλληλου μετατροπέα αναλογικών/ψηφιακών σημάτων (A/D Converter)

Κριτικό σημείο επιλογής του κατάλληλου A/Ψ μετατροπέα είναι η δυναμική απόκριση των επιλεγόμενων αισθητήρων. Δυναμική απόκριση ονομάζεται η διαφορά μεταξύ του μεγίστου δυνατού και του μικροτέρου ανιχνεύσιμου σήματος εξόδου. Η δυναμική απόκριση των αισθητήρων πρέπει να είναι ανάλογη της επιθυμητής ακρίβειας μέτρησης, η οποία επιτυγχάνεται με τη χρησιμοποίηση 12-ψηφιακού (12-bit) A/Ψ μετατροπέα, που δίνει ακρίβεια $1/4096$ (2^{12}) ή 0.025% της κλίμακας μέτρησης.

Η χρησιμοποίηση μετατροπέων μεγαλύτερης ευκρίνειας (14-bit ή 16-bit) συνήθως είναι άσκοπη, αφού έχουν υψηλό κόστος αγοράς και μικρότερη ταχύτητα επεξεργασίας μετρήσεων.

Γνωστοί κατασκευαστές προηγμένων ηλεκτρονικών κυκλωμάτων, όπως π.χ. η εταιρεία PC-LABCARD, η εταιρεία BURR-BROWN, κ.ά. διαθέτουν A/Ψ μετατροπείς με σχετικά μικρό κόστος αγοράς, μικρές διαστάσεις, με φιλοσοφία σχεδιασμού παρόμοια με την αρχιτεκτονική ενός προσωπικού υπολογιστή τύπου IBM PC/AT και με πολύ μεγάλες δυνατότητες επεκτάσεων. Συνήθως οι A/Ψ μετατροπείς τοποθετούνται στο εσωτερικό ενός H/Y και συνδέονται εξωτερικά με τη συσκευή προεπεξεργασίας των σημάτων.

Το διάγραμμα ροής λειτουργίας του A/Ψ μετατροπέα είναι σχετικά απλό και φαίνεται στο ΣΧΗΜΑ 9. Αρχικά επιλέγεται η ανάγνωση του επιθυμητού αισθητήρα,



Σχήμα 9: Διάγραμμα ροής ενός Α/Ψ μετατροπέα.
 Fig. 9: A/D converter flow diagram.

μέσω του κατάλληλου κυκλώματος (multiplexer), στη συνέχεια το αναλογικό ηλεκτρικό σήμα υφίσταται κάποια ενίσχυση (amplification), εάν είναι απαραίτητη και οδηγείται στο κύκλωμα δειγματοληψίας. Το κύκλωμα αυτό συγκρατεί την τιμή του αναλογικού σήματος για τον πολύ μικρό χρόνο που απαιτείται, από το κυρίως κύκλωμα Α/Ψ μετατροπής, για να μετατρέψει σε ψηφιακό κώδικα τη μετρούμενη τιμή.

Ο χρόνος που απαιτείται για έναν πλήρη κύκλο μετατροπής εξαρτάται από τον αθροιστικό χρόνο κάθε ξεχωριστού υπο-κυκλώματος και είναι της τάξεως των ολίγων microseconds.

Εάν R είναι ο αριθμός των αισθητήρων των οποίων μετρούμε τις ενδείξεις και n η επιθυμητή συχνότητα δειγματοληψίας πρέπει το σύστημα να επιτρέπει έναν πλήρη κύκλο μετατροπής σε χρόνο μικρότερο από $1/(R \cdot n)$ δευτερόλεπτα.

4.5. Σχεδιασμός του αναγκαίου λογισμικού (Software)

Αναπόσπαστο τμήμα ενός συστήματος DA&C αποτελεί ο H/Y, ο οποίος, αφού προγραμματιστεί κατάλληλα μέσω του απαραίτητου λογισμικού, έχει τη δυνατότητα εύκολης προσαρμογής στις απαιτήσεις οποιασδήποτε εφαρμογής, ακόμη και της πλέον πολύπλοκης.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην αξιολόγηση των χαρακτηριστικών του προγράμματος του H/Y, αφού ένα ικανό και ευέλικτο λογισμικό μπορεί να αξιοποιήσει τις υψηλές ταχύτητες επεξεργασίας των σημερινών H/Y.

Για τη συγγραφή του κώδικα των προγραμμάτων που υποστηρίζουν τα συστήματα DA&C, χρησιμοποιούνται κυρίως γλώσσες προγραμματισμού υψηλού επιπέδου (π.χ. BASIC, PASCAL), όμως σε περίπλοκες εφαρμογές, στις οποίες γίνεται χρήση πολλών διαφορετικών υπο-προγραμμάτων και απαιτούνται μεγάλες ταχύτητες επεξεργασίας δεδομένων, συνήθίζεται η χρήση της γλώσσας προγραμματισμού C.

Ακολουθώς, προτείνονται 2 διαφορετικές τεχνικές σχεδιασμού, οι οποίες καλύπτουν την πλειοψηφία των εφαρμογών:

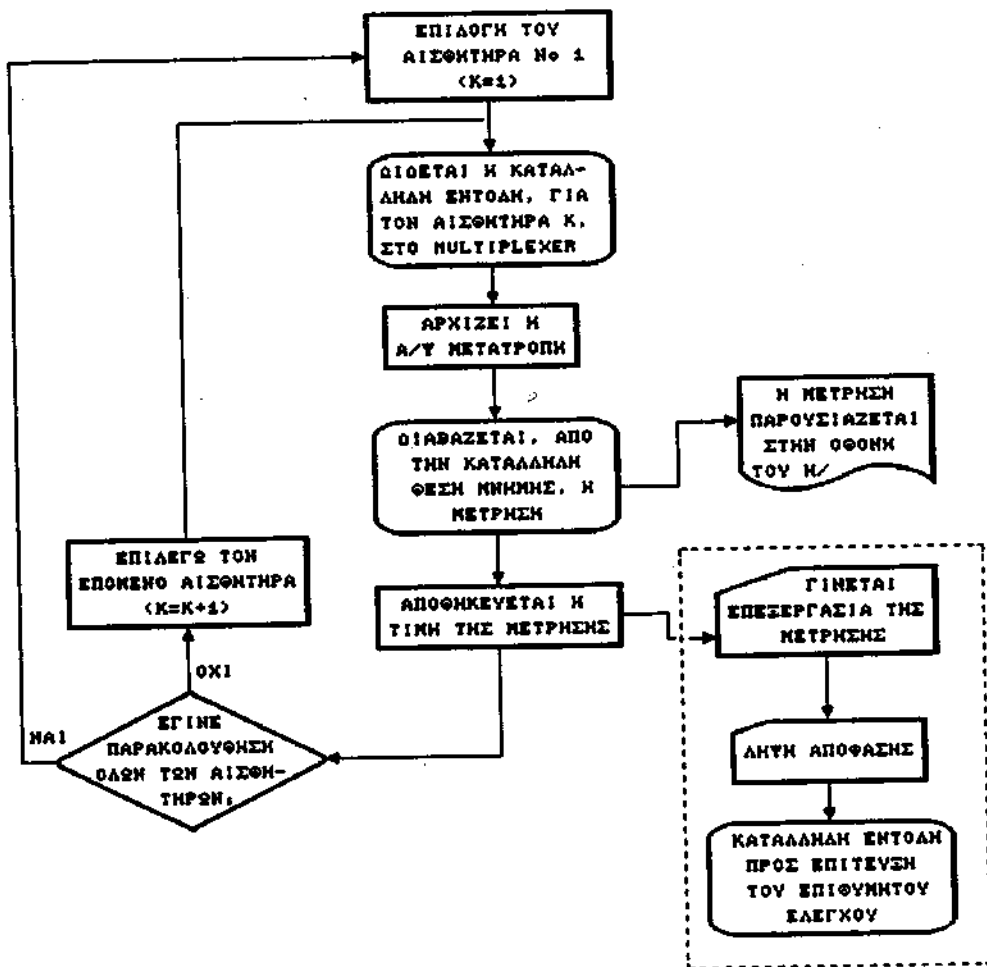
α) Παρακολούθηση όλων των αισθητήρων εναλλάξ (polling) (βλ. ΣΧΗΜΑ 10).

Η συγκεκριμένη τεχνική χρησιμοποιείται στις εφαρμογές όπου η απόκτηση πληροφοριών γίνεται με συνεχή ρυθμό και είναι επιθυμητός ο έλεγχος όχι ιδιαίτερα πολύπλοκων διατάξεων.

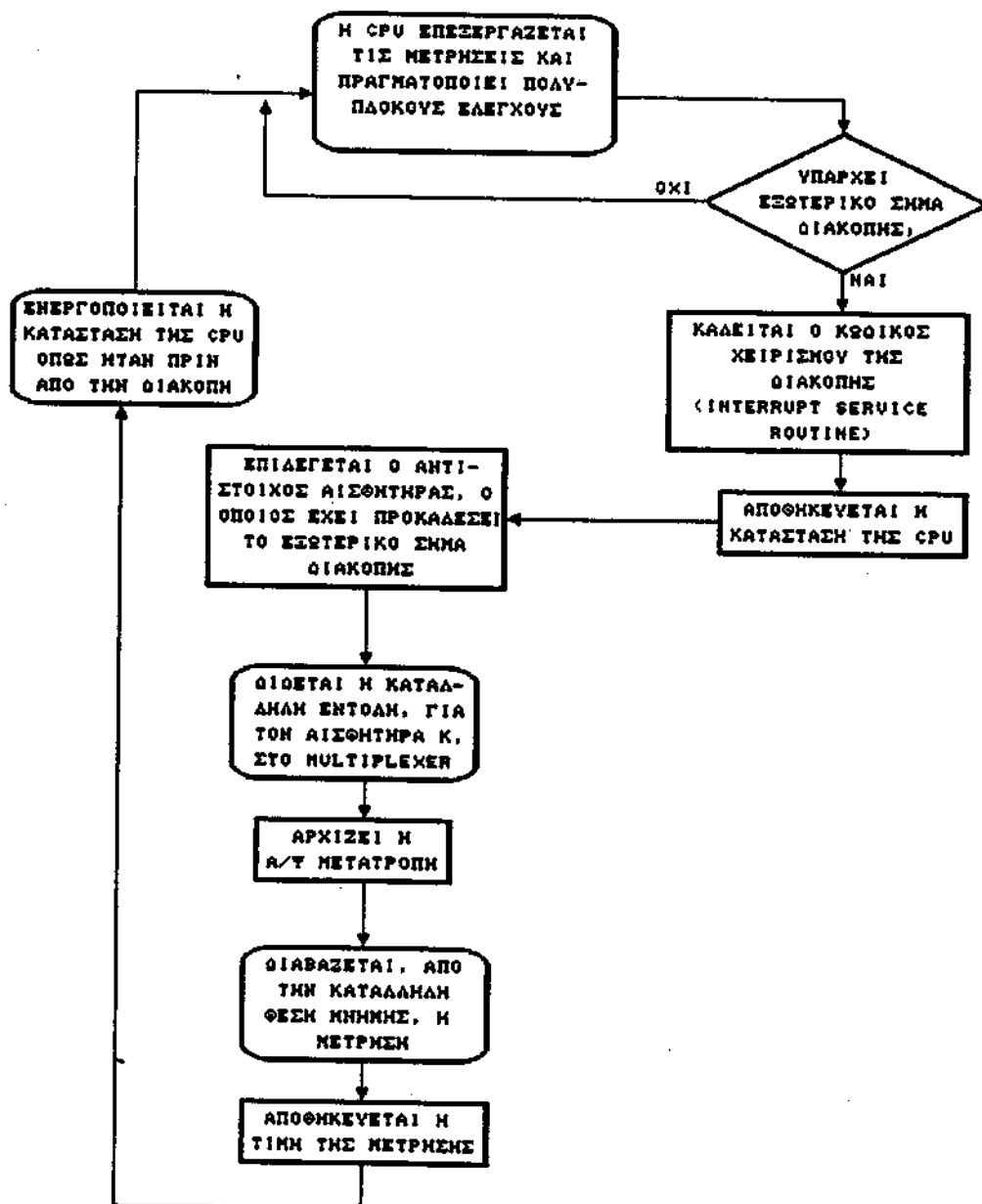
Η εν λόγω τεχνική προσφέρει πολύ υψηλές ταχύτητες επεξεργασίας και αποθήκευσης δεδομένων και βρίσκει ιδανική εφαρμογή στα συστήματα DA&C που χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση και τον έλεγχο των κυκλωμάτων αερισμού των υπογείων μεταλλείων.

β) Απόκτησης και επεξεργασίας των πληροφοριών έπειτα από διακοπή (interrupt) της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας (CPU) του H/Y (βλ. ΣΧΗΜΑ 11).

Σε περιπτώσεις όπου η ροή των μετρήσεων γίνεται ασυνεχώς και ο έλεγχος πολύπλοκων διατάξεων είναι πρωτεύουσας σημασίας, προτείνεται η χρήση της εν λόγω τεχνικής, σύμφωνα με την οποία επιτρέπεται η παράλληλη εκτέλεση περισσότερων του ενός προγραμμάτων (multitasking). Ουσιαστικά, ενώ η CPU είναι απασχολημένη, εκτελώντας μια περίπλοκη διεργασία ελέγχου, (π.χ. επίλυση ενός πολύπλοκου δικτύου αερισμού και ρύθμιση της επιθυμητής ποσότητας αέρα στις στοές υπογείου μεταλλείου), έχει τη δυνατότητα να παρακολουθεί κάποιους αισθητήρες κρίσιμων παραμέτρων (π.χ. αισθητήρες μετρήσεως τάσεων και παραμορφώσεων των πετρωμάτων της οροφής σε στρατηγικά σημεία του μεταλλείου) και να διακόπτει την εργασία της, για ένα πολύ μικρό χρονικό διάστημα, εφ' όσον οι συγκεκριμένοι αισθητήρες διαφοροποιήσουν την ένδειξή τους.



Σχήμα 10: Σχεδιασμός λογισμικού βασισμένου στη διαδοχική παρακολούθηση όλων των αισθητήρων.
 Fig. 10: Polling method.



Σχήμα 11: Σχεδιασμός λογισμικού βασισμένου στη διακοπή της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας (CPU).
 Fig. 11: Interrupt method.

Η συγκεκριμένη τεχνική υστερεί σε ταχύτητα απόκτησης και επεξεργασίας πληροφοριών, όμως δημιουργεί ένα περιβάλλον περισσότερο ικανό για περίπλοκες εφαρμογές DA&C.

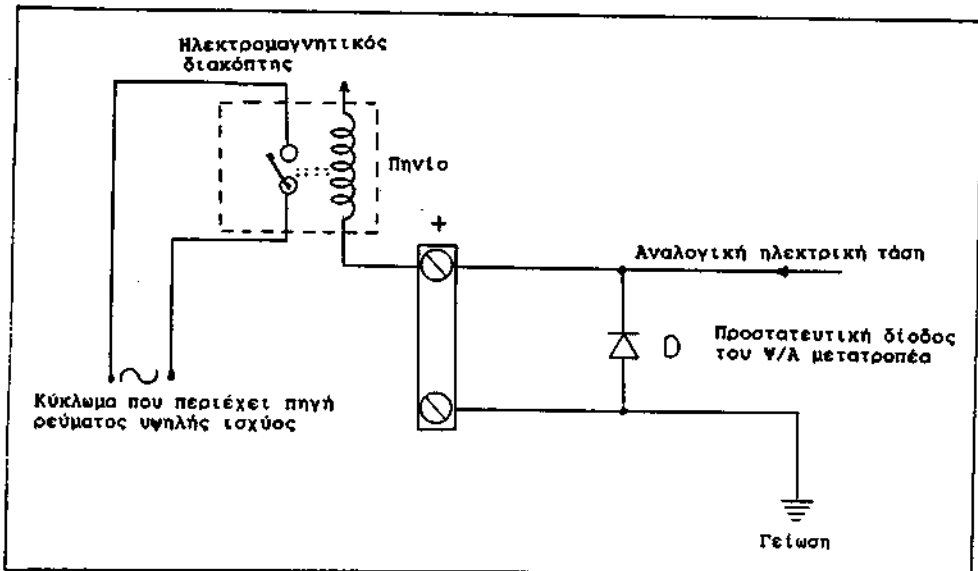
4.6. Στοιχεία σχεδιασμού των διατάξεων επίτευξης του επιθυμητού ελέγχου.

Σε εφαρμογές σχεδιασμού ολοκληρωμένων συστημάτων DA&C συχνά είναι επιθυμητός ο έλεγχος εξωτερικών διατάξεων ή συσκευών, οι οποίες είτε χαρακτηρίζονται από απλές καταστάσεις λειτουργίας ON και OFF (π.χ. άνοιγμα/κλείσιμο βοηθητικών ανεμιστήρων), είτε από περισσότερο πολύπλοκες, όπου λαμβάνουν ενδιάμεσες τιμές (π.χ. έλεγχος της γωνιακής ταχύτητας κινήσεως του τυμπάνου κεφαλής μεταφορικής ταινίας).

Τελικά, ο έλεγχος οποιασδήποτε διάταξης ανάγεται στον έλεγχο των υψηλής ισχύος, συνήθως, ηλεκτρικών ρευμάτων τροφοδοσίας της.

Ο Η/Υ και οι υπόλοιπες ηλεκτρονικές διατάξεις των συστημάτων DA&C δεν έχουν σχεδιαστεί για να ελέγχουν ρεύματα υψηλής ισχύος, όμως επιτυγχάνεται, με τη συνεργασία του κατάλληλου λογισμικού προγράμματος και ενός Ψηφιακού/Αναλογικού μετατροπέα, η δημιουργία ενός ασθενούς ηλεκτρικού σήματος της τάξεως 0-5 Volt, το οποίο, αφού ενισχυθεί, χρησιμοποιείται για να οδηγεί (ουσιαστικά να ανοίγει ή να κλείνει) ηλεκτρομαγνητικούς διακόπτες (relays), οι οποίοι με τη σειρά τους ελέγχουν τις προαναφερθείσες υψηλής ισχύος εξωτερικές διατάξεις.

Μια απλοποιημένη παρόμοια διάταξη προτείνεται στο ΣΧΗΜΑ 12. Η εντολή του



Σχήμα 12: Διάταξη ελέγχου εξωτερικών συσκευών με τη βοήθεια ηλεκτρομαγνητικών διακοπών.
Fig. 12: Relay driving circuit to be used for control external devices.

H/Y μετασχηματίζεται, με τη βοήθεια του Ψ/A μετατροπέα, σε αναλογική ηλεκτρική τάση, η οποία μαγνητίζει ένα εξωτερικό πηνίο που έλκει, με τη σειρά του, ένα μαγνητικό διακόπτη. Ως αποτέλεσμα, κλείνει το κύκλωμα μεταξύ της πηγής ρεύματος υψηλής ισχύος και της επιθυμητής προς έλεγχο διάταξης. Μόλις διακοπεί το ασθενές σήμα του Ψ/A μετατροπέα, το κύκλωμα ανοίγει, αφού πάυει η έλξη του διακόπτη.

Με τη χρησιμοποίηση σε σειρά μαγνητικών διακοπών κατάλληλων προδιαγραφών επιτυγχάνουμε έλεγχο μεγάλου φάσματος ηλεκτρικών ρευμάτων.

5. ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ DA&C ΠΟΥ ΑΝΑΠΤΥΣΣΕΤΑΙ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΟΥ Ε.Μ.Π.

Όπως αναφέρθηκε στην Εισαγωγή, στο Εργαστήριο Μεταλλευτικής Τεχνολογίας του Ε.Μ.Π. καταβάλλονται ερευνητικές προσπάθειες σχεδιασμού και κατασκευής ενός συστήματος DA&C, ικανού να παρακολουθεί και να ελέγχει το κύκλωμα αερισμού υπογείου Βωξιτικού μεταλλείου της εταιρείας «ΑΕΜ ΒΩΞΙΤΑΙ ΠΑΡΝΑΣΣΟΥ», στο οποίο γίνεται εκτενής χρήση εξοπλισμού Diesel.

Το εν λόγω σύστημα προβλέπεται, αφού εγκατασταθεί σε υπόγειο χώρο κοντά σε κύρια μέτωπα εκμεταλλεύσεως, να καταγράφει αναλυτικά τόσο τις αυξομειώσεις των περιεκτικότητων των επικινδύνων αερίων, που προέρχονται από τις εκπομπές καυσαερίων των μηχανών Diesel, όσο και τις ποσότητες του καθαρού αέρα που κατανέμονται σε στρατηγικά σημεία της εκμεταλλεύσεως. Τα στοιχεία που θα αποκτηθούν θα συμβάλουν ασφαλώς στη δημιουργία περισσότερο υγιεινών και ασφαλών συνθηκών εργασίας και θα οδηγήσουν, επιπροσθέτως, στην ελάττωση του κόστους λειτουργίας του συστήματος αερισμού, δεδομένου ότι η επακριβής γνώση των αναγκαίων ποσοτήτων και της επιθυμητής κατανομής του αέρα στο υπόγειο μεταλλείο καθ' όλη τη διάρκεια ενός κύκλου εργασίας, θα βοηθήσει στο βέλτιστο σχεδιασμό του κυκλώματος αερισμού.

Πέραν τούτου, ο άμεσος και ακριβής έλεγχος των βοηθητικών ανεμιστήρων και, πιθανώς, ορισμένων ρυθμιστικών διατάξεων του κυκλώματος αερισμού είναι επιθυμητός και θα οδηγήσει στην πλήρη αυτοματοποίηση και στην ταχύτατη προσαρμογή του όλου συστήματος στις ακριβείς συνθήκες που θα επικρατούν οποιαδήποτε χρονική στιγμή.

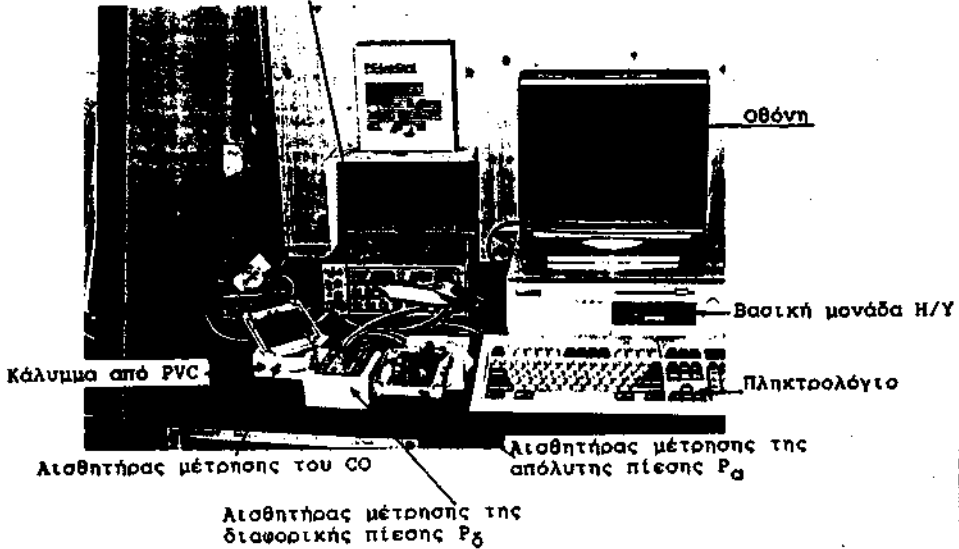
Στην παρούσα φάση έχει πραγματοποιηθεί ο σχεδιασμός ενός συστήματος DA&C ικανού να παρακολουθεί 16 διαφορετικά σημεία ταυτοχρόνως (με δυνατότητα επέκτασης σε 48 σημεία), τα οποία θα απέχουν 200-500 μέτρα από το κυρίως σύστημα (βλ. ΣΧΗΜΑ 13).

Η κύρια μονάδα επεξεργασίας των μετρήσεων είναι ένας H/Y τύπου IBM PC/AT, στο εσωτερικό του οποίου τοποθετείται η πλακέτα του ηλεκτρονικού κυκλώματος μετατροπής A/D και D/A της εταιρείας PC-LABCARD (βλ. ΣΧΗΜΑ 14), με μέγιστη συχνότητα λειτουργίας 10 KHz —δηλ. 10.000 μετρήσεις ανά δευτερόλεπτο— και δυνατότητα A/Ψ μετατροπής από 16 διαφορετικά κανάλια εισόδου.

Η μονάδα προεπεξεργασίας του αναλογικού σήματος των αισθητήρων σταθεροποιεί το σήμα και το μετατρέπει, από ένταση 4-20 mA, σε τάση ± 1 V, τοποθετείται δε δίπλα στον H/Y και τροφοδοτείται με ρεύμα 220 V AC.

Για την εν λόγω εφαρμογή έχουν σχεδιαστεί 3 διαφορετικές κατηγορίες αισθητήρων μέτρησης της απόλυτης πίεσης, της διαφορικής πίεσης και της περιεκτικότητας του αέρα σε CO. Με την παρακολούθηση των απόλυτων και διαφορικών πιέσεων που ασκούνται σε συγκεκριμένα σημεία της εκμεταλλεύσεως και με τη βοήθεια θεωρη-

Συσκευή προεπεξεργασίας
των αναλογικών σημάτων
των αισθητήρων



Σχήμα 13: Το σύστημα DA&C που αναπτύσσεται από το Εργαστήριο Μεταλλευτικής Τεχνολογίας του Ε.Μ.Π.

Fig. 13: The DA&C system developed by the Laboratory of Mining Technology of N.T.U.A.



Σχήμα 14: Τα εσωτερικά κυκλώματα του συστήματος DA&C.

Fig 14: The internal circuit of the DA&C system.

τικού υπολογισμού της αντιστάσεως των στοών και της εκτιμήσεως της υγρομετρικής καταστάσεως του αέρα, με τη χρήση ψυχομέτρου, πιστεύεται ότι θα επιτευχθεί η παρακολούθηση της κατανομής του αέρα στο υπόγειο μεταλλείο. Οι συγκεκριμένοι αισθητήρες προέρχονται από την εταιρεία SenSym, ειδικευμένη σε αισθητήρες πίεσως (ΣΧΗΜΑ 15).



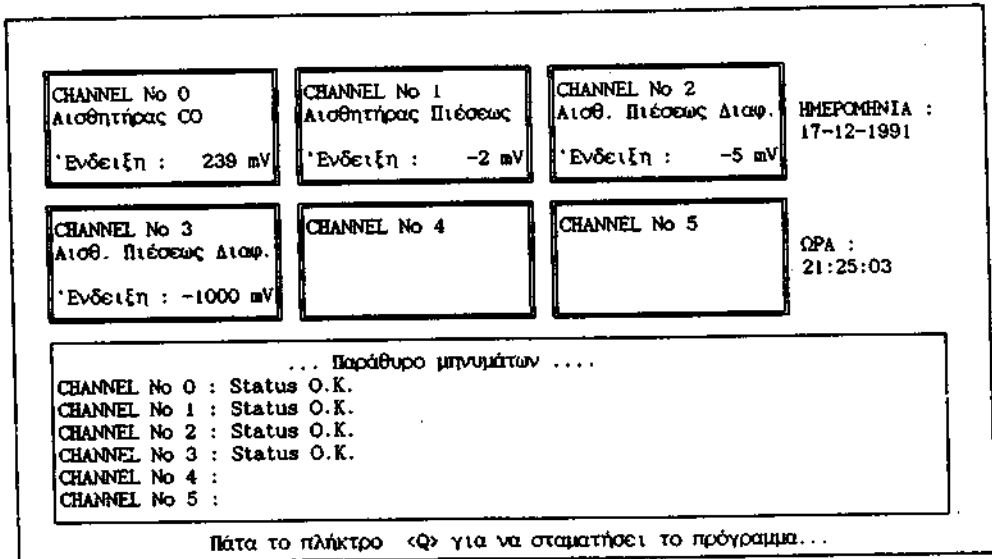
Σχήμα 15: Εσωτερικό κύκλωμα του αισθητήρα μέτρησης της διαφορικής πίεσης.
Fig. 15: Internal circuit of differential pressure sensor.

Ο αισθητήρας μέτρησης της περιεκτικότητας του αέρα σε CO προέρχεται από την Ιαπωνική εταιρία NEMOTO, είναι τύπου ημιαγωγού και χαρακτηρίζεται από χαμηλή ευαισθησία σε άλλα παρεμφερή αέρια (π.χ. η ευαισθησία του σε περιεκτικότητα αιθυλικής αλκοόλης 1000 ppm είναι μικρότερη από αυτή σε CO 50 ppm). Με τη χρήση και άλλων αισθητήρων της ίδιας κατηγορίας, όπως π.χ. NO_x, SO₂, αλδεύδες, κλπ. πιστεύεται ότι θα επιτευχθεί η παρακολούθηση και ο έλεγχος της περιεκτικότητας των αραιωμένων καυσαερίων των μηχανών εσωτερικής καύσεως στους συγκεκριμένους υπόγειους χώρους.

Η κατασκευή των ηλεκτρονικών κυκλωμάτων που συνοδεύουν τους αισθητήρες (transducers) και της συσκευής προεπεξεργασίας των αναλογικών σημάτων, για τη συγκεκριμένη εφαρμογή, πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια της Ελληνικής εταιρείας «ΞΕΝΩΝ Ο.Ε.».

Όλοι οι αισθητήρες τροφοδοτούνται με συνεχές ρεύμα 12 V και επιστρέφουν τη μέτρηση μέσω συνεχούς ρεύματος εντάσεως 4-20 mA, έχει δοθεί δε ιδιαίτερη προσοχή στο περίβλημά τους, ώστε να εξασφαλίζεται η συνεχής λειτουργία τους σε αντίξοο περιβάλλον υπογείου μεταλλείου (αδιάβροχο περίβλημα από PVC τύπου IP 55).

Για την εφαρμογή έχει σχεδιαστεί το πρόγραμμα MCBAUXITE, στη γλώσσα προγραμματισμού Turbo C της εταιρείας Borland. Επιλέγεται η τεχνική διαδοχικής παρακολούθησης όλων των αισθητήρων (τεχνική polling) (βλ. ΣΧΗΜΑ 16) και κάθε 5 λεπτά γίνεται αποθήκευση του μέσου όρου των μετρήσεων. Το συγκεκριμένο πρόγραμμα παρέχει μεγάλες δυνατότητες στατιστικής επεξεργασίας των μετρήσεων αφού, συνεργάζεται με κλασικά προγράμματα στατιστικών όπως LOTUS 1-2-3, EXCEL, κλπ. Ταυτόχρονα, δίνεται πρόσβαση στο χρήστη μέσω μενού επιλογών και δυνατότητα προσωπικής εκλογής όλων των παραμέτρων του συστήματος, ώστε να επιτυγχάνεται εύκολη προσαρμογή στις εκάστοτε ανάγκες.



Σχήμα 16: Χαρακτηριστική οθόνη του προγράμματος MCBAUXITE.
Fig. 16: Typical screen of MCBAUXITE programme.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο ορθολογικός σχεδιασμός και η επιλογή των κατάλληλων αισθητήρων και εν γένει διατάξεων, που απαρτίζουν τη δομή ενός συστήματος DA&C, απαιτεί μελέτη, η οποία θα λαμβάνει υπ' όψη τα ακόλουθα:

- α) Ακριβή καθορισμό των στόχων που προβλέπεται να ικανοποιεί το εν λόγω σύστημα, συμπεριλαμβανομένης της επιθυμητής ακρίβειας, συχνότητας και του εύρους μετρήσεως των προς επιλογή αισθητήρων, καθώς και των απαιτήσεων που ενδέχεται να διαμορφωθούν μελλοντικά.
- β) Μελέτη των χαρακτηριστικών του υπογείου μεταλλείου που οδηγούν σε δυσλειτουργία και, ίσως, αδυναμία απόκτησης πληροφοριών και παρακολούθησης των επιθυμητών μεγεθών. Στα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά ανήκουν η υγρασία, οι κονιορτοί, οι κραδασμοί, η θερμοκρασία, η διάβρωση, κλπ.
- γ) Υπολογισμό των πιθανών ηλεκτρικών παρεμβολών (ηλεκτρομαγνητικών, κλπ.) που αλλοιώνουν το αναλογικό σήμα εξόδου των αισθητήρων και οδηγούν σε λανθασμένες και άχρηστες μετρήσεις.
- δ) Ο σχεδιασμός του συστήματος πρέπει να γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να παρέχεται η μέγιστη δυνατή ασφάλεια στο προσωπικό που εργάζεται στο υπόγειο μεταλλείο, σύμφωνα και με τους εκάστοτε κανονισμούς ασφαλείας.

Τα κυριότερα τεχνικά χαρακτηριστικά που συμβάλλουν στην ομαλή λειτουργία των συστημάτων DA&C στο περιβάλλον των υπογείων μεταλλείων, συνοψίζονται ως εξής:

- Οι αισθητήρες οφείλουν να είναι συμπαγείς κατασκευές, μικρού βάρους, ώστε να τοποθετούνται εύκολα και μικρών σχετικά απαιτήσεων σε τροφοδοσία ηλεκτρικού ρεύματος.
- Πρέπει να μεγιστοποιείται ο λόγος: ένταση σήματος εξόδου/ένταση θορύβου, ώστε να εξασφαλίζονται οι μικρότερες πιθανές παρεμβολές στο μετρούμενο σήμα.
- Το αναλογικό σήμα εξόδου των αισθητήρων οφείλει να βρίσκεται υπό μορφή εντάσεως (κλίμακας 4-20 mA ή 2-10 mA), ώστε να επιτυγχάνεται η μεταφορά του σε μεγάλες αποστάσεις.
- Χρησιμοποίηση ανεξάρτητης γραμμής τροφοδοσίας ηλεκτρικού ρεύματος των αισθητήρων και γραμμής επιστροφής της μέτρησης. Πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχουν κυκλώματα αισθητήρων που χρησιμοποιούν την ίδια γραμμή τροφοδοσίας και επιστροφής της μέτρησης (π.χ. αισθητήρες της εταιρείας Dowty), πράγμα που θα πρέπει να αποφεύγεται, αφού τα εν λόγω κυκλώματα συνήθως παρουσιάζουν διαφορετικές καταναλώσεις, εξ' αιτίας θερμοκρασιακών μεταβολών και εισάγουν συστηματικό σφάλμα μέτρησης.
- Χρησιμοποίηση θωρακισμένων ομοαξονικών καλωδίων, όπου κρίνεται σκόπιμο, με στόχο την ελαχιστοποίηση των ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών.
- Εξασφάλιση σταθεροποιημένης τάσης εισόδου στο κύκλωμα του A/Ψ μετατροπέα και προστασία αυτού από καταστροφή του λόγω υπερφόρτωσης.
- Χρησιμοποίηση A/Ψ μετατροπέα πολλών ψηφίων (συνήθως 12-bit), ώστε να εξασφαλίζεται η επιθυμητή ακρίβεια μέτρησης.
- Χρησιμοποίηση Ηλεκτρονικού Υπολογιστή που πληρεί προδιαγραφές για βιομηχανική εφαρμογή και είναι ικανός να λειτουργεί στο περιβάλλον του υπογείου μεταλλείου.

Στο συγκεκριμένο άρθρο έγινε παρουσίαση ενός συστήματος DA&C, με δυνατό-

τητα επεξεργασίας πληροφοριών από θέσεις που απέχουν 500 έως 1000 περίπου μέτρα μέγιστη απόσταση. Η συγκεκριμένη απόσταση δεν αποτελεί περιορισμό για το σύστημα, αφού η σύγχρονη τεχνολογία των Η/Υ εξασφαλίζει δυνατότητες μεταφοράς των πληροφοριών, μέσω δικτύου ή/και σύνδεσης με τηλεφωνική γραμμή (modem), σε αποστάσεις πολλών χιλιομέτρων.

Πράγματι, με την τοποθέτηση πολλών παρομοίων υπο-συστημάτων DA&C —σε συγκεκριμένα σημεία ενός υπογείου μεταλλείου— και τη σύνδεσή τους, μέσω δικτύου, με έναν κεντρικό Η/Υ, ο οποίος μπορεί να εγκατασταθεί στην επιφάνεια και σε μεγάλη απόσταση από το μεταλλείο, επιτυγχάνεται η πλήρης κάλυψη των απαιτήσεων, ακόμη και των υπογείων μεταλλείων που χαρακτηρίζονται από μεγάλη έκταση.

Τέλος, πιστεύεται ότι η εμπειρία, που θα προκύψει από την εγκατάσταση του συγκεκριμένου συστήματος παρακολούθησης και ελέγχου του αερισμού σε υπόγειο μεταλλείο της Εταιρείας «ΑΕΜ ΒΩΞΙΤΑΙ ΠΑΡΝΑΣΣΟΥ», θα αποτελέσει πολύτιμο βοήθημα στην προσπάθεια σχεδιασμού παρομοίων συστημάτων DA&C, που θα αναφέρονται σε διαφορετικές εφαρμογές, όπως π.χ. συστημάτων επεξεργασίας γεωμηχανικών μετρήσεων, παρακολούθησης της καταναλώσεως της ηλεκτρικής ενέργειας, παρακολούθησης της ροής των μεταφορικών ταινιών, κλπ.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. *Burr-Brown*: The handbook of Personal Computer Instrumentation for data acquisition, test, measurement and control, 5th Edition, 1991.
2. *Data Translation*, Data Acquisition Handbook, 1990.
3. *J.C. Franklin, R.J. Zawadski, T.O. Meyer, A.L. Hill*: Data acquisition system for Radon monitoring, USBM RI 8100, 1976.
4. *J.C. Franklin, P.E. Barr, K.D. Weverstad, C.T. Sheeran*: Alarm system for radiation working level, fan operation and air door position, USBM IC 8903, 1982.
5. *I. N. Οικονομόπουλος*: Ο αερισμός των μεταλλείων, Αθήνα 1991.
6. *T.R. Padmanabhan*: Digital systems and Microprocessors, McGraw Hill, 1983.
7. *Po-Labcard*: User's Manual, Taiwan, May 1990.
8. *J.J. Sammarco*: Closed loop control for continuous mining machine, USBM RI 9209, 1988.
9. *C.T. Sheeran, J.C. Franklin*: Microcomputer-based monitoring and control system with Uranium mining application, USBM IC 8981, 1984.
10. *J.H. Welsh*: Computerized, remote monitoring systems for underground coal mines - Fault in power systems, USBM IC 8944, 1983.
11. *J.H. Welsh, A.F. Cohen, J.E. Chilton*: Suggested minimum performance specifications for underground coal mine environmental monitoring systems, USBM IC 9157, 1987.