

Σε τεχνική μορφή, το SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) είναι ένα κατακεντρωμένο πληροφοριακό και ελεγκτικό σύστημα βιομηχανικού αυτοματισμού, σχεδιασμένο για συλλογή δεδομένων πεδίου, εποπτεία διεργασιών, διαχείριση συναγερμών, ιστορικοποίηση μεταβλητών και απομακρυσμένη εκτέλεση εντολών ελέγχου σε πραγματικό ή σχεδόν πραγματικό χρόνο.

Τεχνικός ορισμός

Το SCADA λειτουργεί σε επίπεδο supervisory control, δηλαδή δεν αντικαθιστά απαραίτητα τον τοπικό έλεγχο που εκτελείται από PLCs, RTUs ή DCS controllers, αλλά επιβλέπει τη λειτουργία τους, συγκεντρώνει δεδομένα από πολλά σημεία της εγκατάστασης και δίνει στο χειριστή ή στο ανώτερο σύστημα τη δυνατότητα:

- online monitoring των κρίσιμων μεγεθών διεργασίας
- remote command execution
- alarm/event management
- historical trending και reporting
- diagnostics και operational optimization

Αρχιτεκτονική συστήματος SCADA

Η τυπική αρχιτεκτονική περιλαμβάνει πολλαπλά επίπεδα.

Επίπεδο πεδίου (Field Level)

Στο επίπεδο αυτό βρίσκονται:

- αισθητήρες: πίεσης, θερμοκρασίας, στάθμης, παροχής, ρεύματος, τάσης
- μεταδότες και signal conditioners
- ενεργοποιητές (actuators): βάνες, κινητήρες, αντλίες, διακόπτες ισχύος, ρελέ

Τα στοιχεία αυτά παρέχουν:

- αναλογικά σήματα όπως 4-20 mA, 0-10 V
- ψηφιακά σήματα ON/OFF, status, trip, fault
- παλμούς ή μετρήσεις συχνότητας
- δεδομένα μέσω βιομηχανικών διαύλων

Επίπεδο ελέγχου (Control Level)

Εδώ βρίσκονται οι PLCs και οι RTUs.

- Τα PLCs χρησιμοποιούνται κυρίως σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις με γρήγορο τοπικό έλεγχο.
- Οι RTUs χρησιμοποιούνται συχνά σε γεωγραφικά κατακεντρωμένα δίκτυα, όπως ύδρευση, ενέργεια και αγωγοί.

Οι μονάδες αυτές:

- διαβάζουν εισόδους από το πεδίο
- εκτελούν λογικό, ακολουθιακό ή PID έλεγχο
- μετατρέπουν τα σήματα σε ψηφιακά δεδομένα
- επικοινωνούν με το ανώτερο επίπεδο SCADA
- συνεχίζουν βασικές λειτουργίες ακόμη και αν χαθεί η επικοινωνία με το κέντρο

Επίπεδο επικοινωνιών (Communication Level)

Το επίπεδο αυτό είναι υπεύθυνο για τη μεταφορά δεδομένων μεταξύ τοπικών ελεγκτών και κεντρικού συστήματος.

Μπορεί να βασίζεται σε:

- Ethernet
- οπτικές ίνες
- RS-232 / RS-485
- ραδιοζεύξεις
- GPRS / 4G / 5G
- μισθωμένα κυκλώματα
- IP/MPLS δίκτυα

Συνήθη πρωτόκολλα επικοινωνίας:

- Modbus RTU / TCP
- Profibus
- Profinet
- DNP3
- IEC 60870-5-101 / 104
- IEC 61850
- OPC / OPC UA

Η επιλογή πρωτοκόλλου εξαρτάται από:

- τον χρόνο απόκρισης
- τη διαλειτουργικότητα
- την αξιοπιστία μετάδοσης
- τις απαιτήσεις κυβερνοασφάλειας
- το αν το σύστημα είναι ηλεκτρικό, βιομηχανικό ή υδραυλικό

Εποπτικό επίπεδο (Supervisory Level)

Σε αυτό το επίπεδο ανήκουν:

- SCADA servers
- application servers
- historians
- alarm servers
- engineering stations
- operator workstations / HMIs

Οι βασικές λειτουργίες εδώ είναι:

- συλλογή και συγκέντρωση δεδομένων από πολλούς σταθμούς
- απεικόνιση μιμικών διαγραμμάτων
- αποθήκευση ιστορικών τιμών
- διαχείριση alarms, events, acknowledgements
- παραγωγή trends, logs και αναφορών

- έλεγχος πρόσβασης χρηστών και καταγραφή ενεργειών operator

Κύριες λειτουργίες ενός SCADA Data Acquisition

Το SCADA συλλέγει:

- process variables
- status indications
- metering values
- diagnostic signals
- quality flags επικοινωνίας ή εγκυρότητας μέτρησης

Η συλλογή μπορεί να γίνεται:

- κυκλικά (polling)
- κατ' απαίτηση
- με event-driven μετάδοση
- με χρονική σήμανση από απομακρυσμένη μονάδα

Supervisory Control

Ο έλεγχος είναι συνήθως υψηλού επιπέδου και περιλαμβάνει:

- start/stop εξοπλισμού
- open/close εντολές
- αλλαγή setpoints
- αλλαγή mode λειτουργίας
- reset alarms / faults
- αποστολή ακολουθιών χειρισμού υπό προϋποθέσεις interlock

Σημαντικό είναι ότι το SCADA δεν πρέπει να αναλαμβάνει κρίσιμο έλεγχο ασφαλείας όταν αυτός πρέπει να εκτελείται τοπικά και ντετερμινιστικά από PLC/SIS.

Alarm Management

Ένα τεχνικά σωστό SCADA περιλαμβάνει:

- alarm priorities
- alarm classes
- deadbands
- delays
- latching / non-latching alarms
- acknowledgement handling
- alarm flood suppression
- event sequence recording

Η σωστή διαχείριση alarms είναι κρίσιμη ώστε ο χειριστής να μην υπερφορτώνεται από μη χρήσιμες ενδείξεις.

Historian και Trending

Ο historian αποθηκεύει:

- αναλογικές τιμές με χρονική σήμανση
- μεταβολές κατάστασης
- alarms/events
- operational counters
- energy/water balance data

Χρησιμοποιείται για:

- ανάλυση βλαβών
- root cause analysis
- KPI monitoring
- predictive maintenance
- ενεργειακή βελτιστοποίηση
- regulatory compliance

Χαρακτηριστικά σχεδιασμού

Ένα SCADA σύστημα σχεδιάζεται με βάση απαιτήσεις όπως:

- availability
- redundancy
- scalability
- fault tolerance
- deterministic behavior στα κρίσιμα σημεία
- maintainability
- cybersecurity

Συχνές τεχνικές επιλογές:

- redundant servers
- redundant communication paths
- hot standby PLC/RTU architectures
- RAID storage
- UPS support
- time synchronization μέσω NTP ή GPS
- network segmentation μεταξύ IT και OT

Κυβερνοασφάλεια σε SCADA

Τα σύγχρονα SCADA συστήματα απαιτούν αυξημένη προστασία, επειδή συνδέονται όλο και περισσότερο με IP δίκτυα.

Βασικά μέτρα:

- δικτυακός διαχωρισμός OT / IT
- firewalls και DMZ
- role-based access control
- strong authentication
- καταγραφή ενεργειών χρηστών
- patch management με ελεγχόμενη διαδικασία

- allowlisting εφαρμογών
- ασφαλής απομακρυσμένη πρόσβαση
- κρυπτογράφηση όπου υποστηρίζεται από το πρωτόκολλο και την αρχιτεκτονική

Διαφορά SCADA, PLC και DCS

| Σύστημα | Ρόλος |

|---|---|

| PLC | Τοπικός, γρήγορος και ντετερμινιστικός έλεγχος μηχανών ή διεργασιών |

| SCADA | Εποπτεία, τηλεμετρία, τηλεδιοίκηση, alarms, historian, HMI σε ευρύτερη κλίμακα |

| DCS | Κατανεμημένος έλεγχος συνεχών διεργασιών με στενότερη ολοκλήρωση ελέγχου και εποπτείας |

Τυπικές εφαρμογές

Το SCADA χρησιμοποιείται σε:

- υποσταθμούς και δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας
- αντλιοστάσια και δίκτυα ύδρευσης
- βιολογικούς καθαρισμούς
- βιομηχανίες τροφίμων, χημικών, τσιμέντου
- πετρελαιοαγωγούς και εγκαταστάσεις φυσικού αερίου
- σήραγγες, αυτοκινητοδρόμους και μεταφορικά συστήματα

Συμπέρασμα

Τεχνικά, το SCADA είναι μια υπερκείμενη πλατφόρμα εποπτικού ελέγχου και συλλογής δεδομένων, η οποία ενοποιεί πεδίο, ελεγκτές, επικοινωνίες, HMI, alarms και ιστορικά δεδομένα σε ένα ενιαίο περιβάλλον λειτουργίας και διαχείρισης εγκαταστάσεων.

"Το SCADA είναι σύστημα εποπτικού ελέγχου και συλλογής δεδομένων που χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση, καταγραφή, ανάλυση και απομακρυσμένη διαχείριση βιομηχανικών και τεχνικών διεργασιών μέσω PLC/RTU, δικτύων επικοινωνίας, κεντρικών servers και διεπαφών HMI."