

स्काडा - आधुनिक जीवन का गुमनाम नायक



रिंकेश हेमंत पालटीवाले

भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र, मुंबई

हमारी आधुनिक जिंदगी कई ऐसी सुविधाओं पर टिकी हुई है जिनके बिना जीना मुश्किल, या लगभग असंभव है-बिजली, पानी, तेल-गैस, परिवहन (ट्रांसपोर्ट) और कारखानों (फैक्टरियों) में उत्पादन, ये सभी उद्योग एक बड़े नेटवर्क की तरह हैं जो हर पल काम करते रहते हैं। उदाहरणार्थ

- घरों से लेकर अस्पताल, स्कूल, कारखाने, आईटी कंपनियां-सभी, हर पल, बिजली पर निर्भर हैं।
- शहरों में हर घर तक साफ पानी पहुँचाना और गंदे पानी का उपचार/प्रबंधन करना अत्यंत महत्वपूर्ण है।

इन उद्योगों को अक्सर 'आज की दुनिया की रीढ़' कहा जाता है क्योंकि

- बिना बिजली और पेट्रोलियम के कारखाने नहीं चलेंगे, परिवहन रुक जाएगा, अर्थ-व्यवस्था ठप पड़ जाएगी।
- पानी, बिजली और परिवहन सीधे-सीधे जन-सामान्य के जीवन से जुड़े हैं।
- तेल, गैस और विद्युत ऊर्जा संयंत्र (पॉवर प्लांट) रणनीतिक संसाधन हैं।
- तेज और सुरक्षित औद्योगिक उत्पादन देश के विकास में महत्वपूर्ण है।

इनका सही और सुरक्षित संचालन समाज, अर्थ-व्यवस्था और विकास के लिए बेहद जरूरी हैं। लेकिन क्या आपने कभी सोचा है कि

- कैसे रोज सुबह नल में पानी समय पर पहुंच जाता है?
- कैसे बिजली बिना रुके हर घर और कारखाने को मिलती रहती है?

- कैसे हजारों किलोमीटर लंबी गैस पाइपलाइन में रिसाव का पता तुरंत चल जाता है?
- कैसे रेलगाड़ियाँ और मेट्रो अपनी पटरियों पर सुरक्षित दौड़ती रहती हैं?
- कारखानों में मशीनें दिन-रात बिना रुके सटीक सामान तैयार करती रहती हैं?

ये सब काम इंसान अकेले कैसे संभाल सकता है? आज चीजें कैसे काम करती हैं, इसके विवरण में जाने से पहले आइए, देखें कि अतीत में ये कैसे काम करती थीं और उन तरीकों के परिणामस्वरूप क्या समस्याएं/सीमाएँ उत्पन्न हुईं। ऐतिहासिक रूप से इन उद्योगों की निगरानी और नियंत्रण आज की तुलना में बिल्कुल अलग तरीके से किया जाता था। उदाहरणार्थ

• हस्त-चालित मॉनीटरन (मैन्युअल मॉनिटरिंग)

- प्रचालक (ऑपरेटर) मशीन या पाइपलाइन के पास जाकर मीटर और गेज पढ़ते थे।
- टंकी में पानी का स्तर जानने के लिए लोग चढ़कर खुद देखते थे।
- बिजली घरों में इंजीनियर हर उपकरण पर जाकर आंकड़े (डेटा) नोटबुक में लिखते थे।

• टेलीफोन और रेडियो से सूचना

- दूर-दराज की जगहों से जानकारी फोन या रेडियो संदेश के जरिए भेजी जाती थी।
- इसमें समय ज्यादा लगता था और कई बार जानकारी अधूरी या देर से मिलती थी।

• स्थानीय नियंत्रण पैनल (लोकल कंट्रोल पैनल)

- मशीनों को प्रचालित / बंद (ऑन/ऑफ) करने के लिए स्थानीय पैनल होते थे।
- अगर कहीं गड़बड़ी हुई तो कर्मचारी को स्वयं जाकर मशीन बंद करनी पड़ती थी।

उस दौर में, ये प्रक्रियाएं धीमी थीं, इंसानों पर निर्भर थीं और कभी-कभी खतरनाक भी, जिसके कारण समस्याएं/सीमाएं इत्यादि उत्पन्न हुईं। जैसे

- **देरी** – समस्या का पता देर से चलता था।
- **मानव पर निर्भरता** – हर काम इंसान पर निर्भर था, जिससे गलती की संभावना ज्यादा रहती थी।
- **सुरक्षा जोखिम** – गैस रिसाव या वैद्युत-दोष (बिजली के फॉल्ट) जैसी स्थितियों में कर्मचारियों का जीवन भी खतरे में पड़ता था।

इत्यादि उत्पन्न हुईं। **लेकिन आज की बात करें तो, आज**

- किसी शहर की जल आपूर्ति व्यवस्था एक नियंत्रण कक्ष (कंट्रोल रूम) से देखी और चलाई जा सकती है।
- बिजली की हजारों लाइनों की स्थिति एक स्क्रीन पर देखी जा सकती है।
- गैस पाइपलाइन में रिसाव होते ही अपने आप अलार्म बज उठता है।
- मेट्रो और रेलगाड़ियों के संकेत (सिग्नल) एक ही जगह से बदल जाते हैं।
- मशीनों का प्रचालन स्वचालित हो गया है।

यह सब मानव के न्यूनतम हस्तक्षेप के साथ, बिना देरी के, और सुरक्षित रूप से हो रहा है। तो आखिर यह सब कैसे मुमकिन है? कोई न कोई तो होगा जो परदे के पीछे हर मशीन, हर वाल्व, हर तार और हर संवेदक (सेंसर) पर नज़र रखता है... **क्या यह जादू है?** खैर, यह जादू तो नहीं है, लेकिन जादू से कम भी नहीं है।

जहाँ एक जादूगर करतब दिखाने के लिए मेहनत करता है,

वहीं आधुनिक अभियांत्रिकी एवं मशीनें चुपचाप (या कारखानों/संयंत्रों में शोर के साथ) काम करती हैं, ताकि हम उच्चतम मानकों का जीवन जी सकें। जिस प्रकार एक जादूगर को जादू दिखाने में सहायक उपकरण (प्रॉप्स) आवश्यक होते हैं, उसी प्रकार 'SCADA' इंजीनियरों एवं मशीनों/सेंसरों के सुचारु संचालन में मदद करता है।

तो प्रश्न उठता है कि 'SCADA' क्या है?

यदि हम सरल शब्दों में बात करें, तो यह एक तरह का 'मस्तिष्क' है जो इन सुविधाओं/व्यवस्थाओं (कारखानों/संयंत्रों/मशीनों/सेंसरों) की निगरानी, और ज़रूरत पड़ने पर नियंत्रण भी करता है। **SCADA (स्काडा)** एक संक्षेपाक्षर है, जिसका पूर्ण विस्तार- 'सुपरवाइज़री कंट्रोल एंड डेटा एक्वीज़ीशन (Supervisory Control And Data Acquisition) है जिसका अर्थ-निगरानी करना, नियंत्रण करना, और आंकड़े (डेटा) इकट्ठा करना है।

तब प्रश्न यह भी बनता है कि यह SCADA करता क्या है?

सरल शब्दों में कहें तो SCADA तीन कार्य करता है।

1. **देख-रेख** – मशीन, संवेदक (सेंसर) और उपकरण क्या कर रहे हैं, उसकी जानकारी लेता है।
2. **विक्षेपण** – आंकड़ों को संसाधित (प्रोसेस) करके यह पता लगाता है कि सब ठीक है या कोई समस्या है।
3. **नियंत्रण** – अगर आवश्यकता हो तो मशीन/संयंत्र को चालू/बंद करता है, विन्यास (सेटिंग) बदलता है, या अलार्म देता है।

SCADA की कार्य-प्रणाली

- अब वास्तविक - काल नियंत्रण (रियल-टाइम मॉनिटरिंग) संभव है, यानि हर सेंसर के आंकड़े तुरंत नियंत्रण कक्ष (कंट्रोल रूम) तक पहुँचते हैं।
- समस्या आते ही मशीनें स्वयं अलार्म देती हैं और कई बार अपने आप तुरंत सुधारात्मक उपाय सुझाती हैं।

- लगातार रिकॉर्ड होने वाले आंकड़ों से भविष्य की योजना और अनुसंधान (रिसर्च) आसान हो जाता है।
- अब ऑपरेटर को संभावित खतरे वाली जगह पर बार-बार जाने की आवश्यकता नहीं होती है और सब कुछ दूर से नियंत्रित (कंट्रोल) हो जाता है।

अब आइए एक सरल उदाहरण के साथ SCADA के विभिन्न भागों और इसकी कार्यप्रणाली पर नज़र डालें।

SCADA प्रणाली निम्नांकित भागों से मिलकर बनी है।

1. ह्यूमन मशीन इंटरफ़ेस (HMI)

- यह एक स्क्रीन होती है जिस पर प्रचालक (ऑपरेटर) पूरी प्रणाली (सिस्टम) देखता है।
- इसमें नक्शे, आरेख (डायग्राम) और ग्राफ होते हैं।
- किसी भी प्राचल में सामान्य से अधिक / कम परिवर्तन होने पर (जैसे कि अगर तापमान अधिक बढ़ गया हो या पानी का दबाव कम हो गया हो) यही स्क्रीन अलार्म दिखाती है।

2. रिमोट टर्मिनल यूनिट (RTU)

- ये छोटे कंप्यूटर जैसे उपकरण (डिवाइस) होते हैं जो दूरस्थ संवेदकों (सेंसर) और मशीनों से जुड़े रहते हैं।
- ये उपकरण आंकड़े (डेटा) एकत्रित करते हैं और नियंत्रण संकेत (कंट्रोल सिग्नल) भेजते हैं।
- यदि किसी गाँव के पंप हाउस का जल-स्तर देखना है, तो RTU वहां का डेटा SCADA को भेज देगा।

3. प्रोग्रामेबल लॉजिक कंट्रोलर (PLC)

- यह एक तरह का औद्योगिक मस्तिष्क है जो मशीनों को अविलंब नियंत्रित कर सकता है।
- कारखानों की मशीन, बिजलीघर का टरबाइन, या किसी संयंत्र में कन्वेयर बेल्ट को PLC ही नियंत्रित करता है।
- SCADA और PLC मिलकर काम करते हैं, PLC निम्न-स्तर (जैसे घटक स्तर) पर नियंत्रण करता है और SCADA पूरी तस्वीर (जैसे संयंत्र स्तर पर) देखता है।

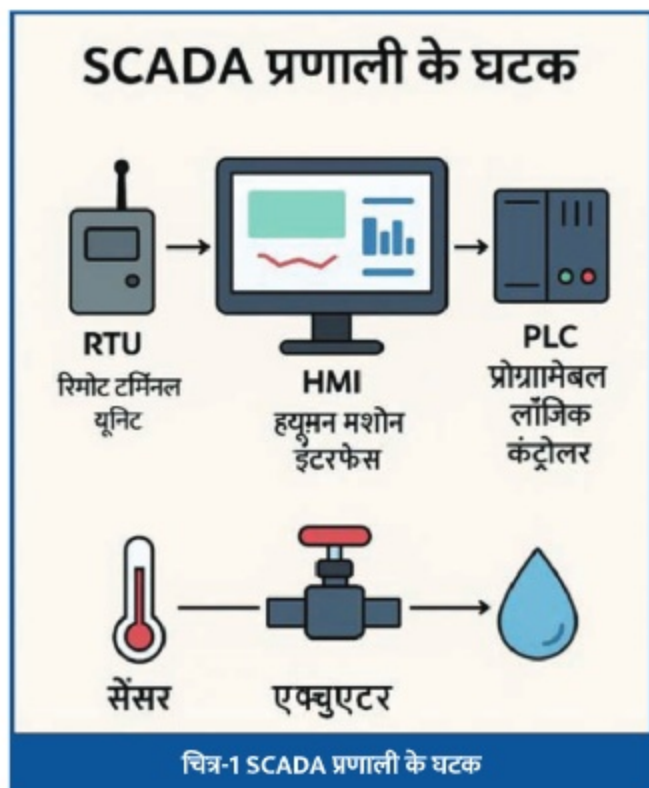
4. संवेदक एवं प्रवर्तक (सेंसर और एक्चुएटर)

- संवेदक (सेंसर) – तापमान, दबाव, स्तर (द्रव / गैस / ठोस), बहाव / प्रवाह (फ्लो), इत्यादि मापते हैं।
- प्रवर्तक (एक्चुएटर) – वाल्व खोलना, मोटर चालू करना, संकेत बदलना, इत्यादि कार्य करते हैं।

SCADA कैसे काम करता है?

मान लीजिए यह एक शहर की जलापूर्ति प्रणाली है जहां

- अलग-अलग जगह पानी की टंकियां और पंप हैं। हर जगह सेंसर लगे हैं जो जलस्तर एवं दबाव मापते हैं।
- RTU या PLC इन सेंसरों से डेटा लेते हैं और नियंत्रण केंद्र (कंट्रोल सेंटर; SCADA सर्वर) को भेजते हैं।
- कंट्रोल सेंटर में HMI स्क्रीन पर आवश्यक सभी आंकड़े, आरेख, इत्यादि दिखाई देते हैं। अगर किसी टंकी में पानी कम है तो अलार्म बजता है।



- ऑपरेटर कंप्यूटर द्वारा तुरंत एक क्लिक में पंप चालू कर सकता है।
- SCADA सिस्टम अपने आप भी सेट किया जा सकता है जिससे जहां पानी कम हो, पंप स्वतः चालू हो जाए।

इस तरह, SCADA कार्यप्रवाह को सुव्यवस्थित करता है और सभी प्रणालियों के सुरक्षित और विश्वसनीय प्रचालन में मदद करता है। SCADA का आविष्कार किसी एक व्यक्ति ने नहीं, बल्कि इंजीनियरों के एक समूह ने किया था, जो ऐसी प्रणालियों के प्रचालन में आने वाली आम समस्याओं को हल करने के लिए एक साथ आए थे। SCADA में पिछले कुछ वर्षों में काफ़ी विकास हुआ है। अब तो SCADA में कृत्रिम बुद्धिमत्ता (अर्टिफिशियल इंटेलिजेंस; AI) और इंटरनेट ऑफ़ थिंग्स (IoT) भी जुड़ने लगे हैं।

- SCADA अब सिर्फ मॉनीटरन ही नहीं, बल्कि पूर्वानुमानित रखरखाव भी कर रहा है।
- मोबाइल फोन से नियंत्रित करना भी संभव हो रहा है।

भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र में शांतिपूर्ण उद्देश्यों के लिए परमाणु ऊर्जा के दोहन के सभी पहलुओं पर अनुसंधान एवं विकास कार्य किया जा रहा है। SCADA यहां हो रहे अनेक कार्यों का अभिन्न अंग है। नाभिकीय ईंधन संविरचन से लेकर परमाणु ऊर्जा संयंत्रों, अनुसंधान रिएक्टरों, ईंधन पुनर्संसाधन संयंत्रों, त्वरकों एवं अनेक अन्य प्रणालियों का प्रचालन SCADA द्वारा आधुनिक बनाया गया है। जन-सामान्य के लिए आवश्यक कार्यों, अनुसंधान एवं विकास तथा आधुनिकीकरण के लिए SCADA बहुत मददगार है।

बिजली, पानी, तेल-गैस, परिवहन, उद्योग और यहां तक कि अनुसंधान, ये सब ऐसे क्षेत्र हैं जिन्हें SCADA लगातार, सुरक्षित और भरोसेमंद बनाए रखता है। हम सोचते हैं कि हमारी ज़िंदगी अपने आप चल रही है। लेकिन सच यह है कि पर्दे के पीछे एक 'निगरानी करने वाला यह तकनीकी मस्तिष्क' हर समय काम कर रहा है।

तो अगली बार जब आप पानी के लिए नल खोलें, लाइट

जलाएँ या मेट्रो में यात्रा करें, तो याद रखिए कि यह जादू नहीं है, बल्कि यह SCADA है।



लेखक का परिचय



श्री रिकेश हेमंत पालटीवाले

श्री रिकेश हेमंत पालटीवाले वर्तमान में, भाभा परमाणु अनुसंधान केंद्र, मुंबई के नियंत्रण एवं यंत्रीकरण प्रभाग में वैज्ञानिक अधिकारी-सी के पद पर कार्यरत हैं।