

53. Principios básicos de la automatización. Sistemas cableados y programados: tipología y características. Tipos de energía para el mando, tecnologías y medios utilizados. Autómatas programables: arquitectura básica, principios de funcionamiento, tipología y características.

Introducción

La automatización industrial se ha convertido en un pilar fundamental en la modernización de los procesos productivos, mejorando la eficiencia, la seguridad y la calidad de los sistemas energéticos. Los avances tecnológicos en automatización permiten optimizar el control y la gestión de instalaciones energéticas, desde centrales de generación eléctrica hasta redes de distribución y sistemas de consumo en edificios e industrias. La integración de sistemas automatizados, ya sean cableados o programados, facilita la supervisión continua y la respuesta rápida ante cualquier incidencia, reduciendo costes operativos y aumentando la sostenibilidad de las operaciones.

El uso de tecnologías automatizadas se extiende a diversas áreas del sector energético, desde la gestión de energías renovables como la solar y la eólica, hasta la optimización de procesos en redes inteligentes (smart grids) y sistemas de eficiencia energética en edificios. La elección de los tipos de energía para el mando, así como las tecnologías y medios utilizados, juegan un papel clave en la eficacia de los sistemas automatizados. Los autómatas programables (PLC, por sus siglas en inglés) destacan en este ámbito, proporcionando una plataforma robusta y flexible para la automatización de procesos complejos, con aplicaciones en control, monitorización y optimización de sistemas energéticos.

En el contexto de la Formación Profesional, la enseñanza de los principios de la automatización y el uso de autómatas programables contribuye significativamente al desarrollo de competencias profesionales alineadas con las necesidades del mercado laboral. En este contexto, la LOMLOE y la Ley Orgánica 3/2022 de Ordenación e Integración de la Formación Profesional refuerzan la importancia del desarrollo de las competencias del alumnado para mejorar su potencial de empleabilidad. Esta especialidad no solo forma a técnicos capacitados, sino que también impulsa la innovación y la adaptación a las nuevas demandas tecnológicas del sector energético.

En el desarrollo de este tema, se abordarán los principios básicos de la automatización, las características y tipología de los sistemas cableados y programados, los diferentes tipos de energía utilizados para el mando y las tecnologías asociadas, así como la arquitectura, el funcionamiento, la tipología y las características de los autómatas programables.

Principios básicos de la automatización. Sistemas cableados y programados: tipología y características

La automatización industrial se define como el uso de sistemas de control, como computadoras o robots, y tecnologías de la información para gestionar procesos industriales y reducir la intervención humana. Los principios básicos de la automatización se centran en mejorar la eficiencia, la precisión y la seguridad de los procesos productivos. Estos principios incluyen la monitorización continua, el control automático de variables, la retroalimentación (feedback) y la adaptación dinámica a las condiciones cambiantes del entorno de trabajo.

Conceptos fundamentales de la automatización

La automatización se basa en una serie de conceptos clave:

- **Control Automático:** Capacidad de un sistema para regularse a sí mismo sin intervención externa continua, utilizando sensores y actuadores.
- **Sistemas de Control:** Incluyen lazos abiertos y cerrados. En los sistemas de lazo abierto, no hay retroalimentación; el sistema no corrige su funcionamiento en función de los resultados obtenidos. En cambio, los sistemas de lazo cerrado utilizan la retroalimentación para ajustar automáticamente el proceso.
- **Sensores y Actuadores:** Los sensores miden variables físicas (como temperatura, presión, velocidad), mientras que los actuadores convierten las señales de control en acciones físicas (por ejemplo, motores eléctricos o válvulas).
- **Interfaces Hombre-Máquina (HMI):** Permiten la interacción del operador con el sistema automatizado, mostrando información y permitiendo ajustes de parámetros.

Tipología de los sistemas automatizados

Los sistemas automatizados se pueden clasificar en dos grandes categorías: sistemas cableados y sistemas programados.

Sistemas cableados

Los sistemas cableados, también conocidos como "control de lógica cableada", utilizan componentes eléctricos y electrónicos conectados físicamente mediante cables para ejecutar funciones de control. Su funcionamiento se basa en circuitos eléctricos fijos, donde cada conexión física representa una lógica de control específica.

Características de los sistemas cableados:

- **Simplicidad estructural:** Adecuados para procesos simples y repetitivos.
- **Fiabilidad alta:** Menor susceptibilidad a fallos de software o programación.
- **Baja flexibilidad:** Cualquier cambio en el proceso requiere modificaciones físicas en el cableado y los componentes.

- **Tiempo de respuesta rápido:** Ideal para tareas de control directo, como en sistemas de seguridad o paradas de emergencia.

Aplicaciones típicas: Se utilizan en líneas de producción antiguas, sistemas de seguridad industrial (como circuitos de emergencia) y en procesos donde la lógica de control no cambia frecuentemente.

Sistemas programados

Los sistemas programados emplean dispositivos electrónicos, como autómatas programables (PLC) o microcontroladores, que permiten modificar la lógica de control mediante software, sin necesidad de cambiar el cableado físico.

Características de los sistemas programados:

- **Flexibilidad elevada:** Los cambios en el proceso se pueden realizar modificando el programa sin necesidad de alterar el hardware.
- **Facilidad de mantenimiento:** Diagnóstico de errores simplificado mediante interfaces digitales.
- **Escalabilidad:** Posibilidad de añadir nuevas funciones o integrarse con otros sistemas mediante comunicaciones industriales (por ejemplo, buses de campo como Modbus o Profibus).
- **Capacidad de integración:** Pueden interactuar con sistemas SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) para la monitorización y control a nivel industrial.

Aplicaciones típicas: Se encuentran en plantas de producción modernas, sistemas de energía renovable, automatización de edificios (domótica) y en la gestión de sistemas eléctricos complejos.

Comparativa entre sistemas cableados y programados

Característica	Sistemas Cableados	Sistemas Programados
Flexibilidad	Baja	Alta
Facilidad de mantenimiento	Baja	Alta (mediante software)
Coste inicial	Bajo	Moderado a alto
Tiempo de implementación	Prolongado	Rápido
Adaptabilidad a cambios	Limitada	Muy alta

Complejidad del proceso	Adecuado para procesos sencillos	Adecuado para procesos complejos
Conectividad e integración	Muy limitada	Alta, con redes industriales

Casos prácticos de automatización en sistemas energéticos

En el sector de los sistemas energéticos, los sistemas programados son esenciales para la integración de energías renovables. Por ejemplo, en una planta solar fotovoltaica, los PLC permiten gestionar el seguimiento solar (sun tracking) mediante sensores de radiación y motores eléctricos. En cambio, los sistemas cableados pueden seguir utilizándose en circuitos de seguridad para la desconexión rápida de sistemas de alta tensión.

La elección entre un sistema cableado o programado depende de factores como la complejidad del proceso, la necesidad de adaptabilidad y el presupuesto disponible. No obstante, la tendencia actual se inclina hacia sistemas programados debido a su capacidad para adaptarse a entornos cambiantes y facilitar la gestión remota.

En el siguiente epígrafe, se profundizará en los tipos de energía para el mando, las tecnologías y medios utilizados, así como en la arquitectura, principios de funcionamiento, tipología y características de los autómatas programables.

Tipos de energía para el mando, tecnologías y medios utilizados

En los sistemas automatizados industriales, el mando se refiere al conjunto de acciones destinadas a iniciar, mantener, modificar o detener el funcionamiento de una máquina o proceso. Para que estas acciones se produzcan, es imprescindible el uso de una fuente de energía que accione los dispositivos encargados de ejecutar dichas órdenes. La elección del tipo de energía para el mando no es arbitraria, sino que depende de factores como la naturaleza del proceso, la precisión requerida, el entorno de trabajo y los criterios de eficiencia energética y sostenibilidad. Esta diversidad energética ha dado lugar al desarrollo de tecnologías específicas y medios técnicos adaptados a cada aplicación.

Clasificación de las energías utilizadas en el mando

Las energías más comúnmente empleadas en los sistemas de mando industrial pueden clasificarse en tres grandes grupos: eléctrica, neumática e hidráulica. Cada una de ellas posee características propias que las hacen idóneas para determinados usos.

Energía eléctrica

Es la forma de energía más extendida en los sistemas de automatización, especialmente por su disponibilidad, facilidad de transformación y capacidad de integración con tecnologías digitales. Puede utilizarse tanto en corriente continua (DC) como en corriente alterna (AC), dependiendo de los requerimientos del sistema.

Aplicaciones habituales:

- Motores eléctricos de mando (paso a paso, servomotores).
- Contactores, relés y temporizadores.
- Sistemas de señalización (pilotos, zumbadores).
- Alimentación de autómatas programables y sensores electrónicos.

Ventajas:

- Precisión en el control.
- Facilidad de distribución y conexión.
- Integración con sistemas electrónicos y digitales.

Limitaciones:

- Riesgo de cortocircuitos o descargas.
- Menor resistencia a ambientes extremos si no se utilizan protecciones adecuadas.

Energía neumática

Utiliza aire comprimido como medio energético para accionar dispositivos. Es especialmente útil en aplicaciones donde se requiere rapidez de movimiento, sencillez de mantenimiento y seguridad frente a atmósferas inflamables o húmedas.

Elementos asociados:

- Compresores, depósitos y unidades de mantenimiento.
- Válvulas de mando, de presión, de caudal y distribuidores.

- Cilindros neumáticos y actuadores rotativos.

Ventajas:

- Alta velocidad de respuesta.
- Seguridad en entornos con riesgo eléctrico.
- Bajo coste de los componentes.

Limitaciones:

- Compresibilidad del aire (menor precisión).
- Pérdidas energéticas por fugas y fricción.

Energía hidráulica

Emplea fluidos no compresibles (aceites minerales o sintéticos) para transmitir energía mediante presión. Se utiliza cuando se requieren fuerzas elevadas y movimientos precisos.

Componentes principales:

- Bombas hidráulicas y acumuladores.
- Válvulas direccionales, reguladoras y de control.
- Cilindros y motores hidráulicos.

Ventajas:

- Elevada potencia por unidad de volumen.
- Control preciso de velocidad y fuerza.
- Capacidad para mantener esfuerzos constantes.

Limitaciones:

- Mayor coste y complejidad del sistema.

- Posibilidad de fugas que contaminen el entorno.

Tecnologías asociadas a los sistemas de mando

La eficiencia y funcionalidad de un sistema de mando dependen no solo de la fuente energética utilizada, sino también de la tecnología que permita canalizarla, controlarla y convertirla en acciones útiles. En este sentido, pueden diferenciarse tecnologías convencionales y digitales.

Tecnologías convencionales

Estas tecnologías se basan en elementos físicos y mecánicos sin necesidad de procesamiento digital. Aún ampliamente utilizadas, sobre todo en instalaciones sencillas o donde se prioriza la robustez.

Ejemplos:

- Interruptores, pulsadores y finales de carrera.
- Termostatos, presostatos y flotadores.
- Ruedas dentadas, levas, árboles de transmisión.

Tecnologías electrónicas y digitales

Permiten una mayor precisión, versatilidad y capacidad de integración en entornos automatizados. Están presentes tanto en los sistemas de control como en los dispositivos de campo.

Dispositivos representativos:

- Sensores capacitivos, inductivos, ópticos y ultrasónicos.
- Interfaces hombre-máquina (HMI).
- Variadores de frecuencia, servodrives y convertidores de señal.

Estas tecnologías permiten el desarrollo de arquitecturas de control distribuidas, así como el intercambio de información en tiempo real entre los elementos de campo y los controladores centrales.

Medios técnicos para la implementación del mando

La traducción efectiva de una señal de control en una acción física requiere medios técnicos específicos que se adapten a la fuente energética utilizada. Estos medios incluyen:

- **Actuadores:** convierten la energía (eléctrica, neumática o hidráulica) en movimiento. Pueden ser lineales o rotativos, y deben dimensionarse según la carga y el tipo de movimiento deseado.
- **Elementos de regulación:** como válvulas proporcionales, contactores o convertidores analógico-digitales, que permiten ajustar la intensidad, presión, caudal o velocidad.
- **Dispositivos de protección:** como disyuntores, válvulas limitadoras de presión o sistemas de parada de emergencia, que garantizan la seguridad del sistema.

La selección de estos medios requiere un análisis técnico detallado que contemple parámetros como el ciclo de trabajo, la frecuencia de activación, las condiciones ambientales y las exigencias de mantenimiento.

En el ámbito de la automatización de sistemas energéticos, estos conocimientos permiten diseñar y mantener instalaciones eficientes y adaptadas a los requerimientos normativos y tecnológicos del sector. Su aplicación en entornos de Formación Profesional posibilita el desarrollo de proyectos didácticos prácticos, tales como la simulación de circuitos de mando, la programación de estaciones neumáticas o el diseño de cuadros eléctricos combinados.

La comprensión de los medios y tecnologías de mando establece así un vínculo técnico indispensable para profundizar en los sistemas de control lógico programable, donde se gestionan y ejecutan con precisión las órdenes de automatización.

Autómatas programables: arquitectura básica, principios de funcionamiento, tipología y características

Los autómatas programables, también conocidos como PLC (Programmable Logic Controllers), son dispositivos electrónicos diseñados para ejecutar de forma automática secuencias de control lógico en procesos industriales. Su desarrollo y estandarización han transformado profundamente la automatización en sectores como la producción energética, la gestión de infraestructuras eléctricas o la operación de instalaciones de energías renovables. La versatilidad, robustez y capacidad de adaptación de estos dispositivos los convierten en una herramienta imprescindible para el diseño y mantenimiento de sistemas automatizados.

Arquitectura básica de un autómata programable

El diseño interno de un PLC responde a una estructura modular que permite su configuración y ampliación según las necesidades del sistema. Aunque existen distintas variantes según el fabricante o la gama del dispositivo, la arquitectura general incluye los siguientes elementos:

- **Unidad central de proceso (CPU):** es el núcleo del autómatas. Ejecuta el programa de usuario, gestiona la memoria, controla el tiempo de ciclo y coordina la comunicación entre los distintos módulos. Suele incluir microprocesadores de alto rendimiento y memoria RAM, ROM y EEPROM.
- **Memoria:** almacena tanto el programa de control como los datos de funcionamiento y estado. Se organiza en distintas áreas, como memoria de entrada, de salida, de marcas internas, temporizadores, contadores y registros de datos.
- **Módulos de entradas y salidas (E/S):** permiten la conexión del PLC con el entorno físico. Las entradas captan señales provenientes de sensores o dispositivos de mando (digitales o analógicas) y las salidas controlan actuadores, válvulas, contactores, motores o sistemas de señalización.
- **Sistema de alimentación:** suministra la energía eléctrica necesaria para el funcionamiento del autómatas, generalmente a partir de corriente continua estabilizada (24 V DC) o alterna (230 V AC).
- **Interfaz de programación y comunicación:** permite la carga del programa, la monitorización en tiempo real y la interconexión con otros dispositivos o sistemas superiores mediante protocolos industriales como Modbus, Profibus, Ethernet/IP, CANopen o Profinet.

Principios de funcionamiento

El funcionamiento de un autómatas programable se basa en un ciclo repetitivo denominado *ciclo de escaneo*, que consta de varias fases consecutivas:

1. **Lectura de entradas:** el autómatas detecta el estado de todos los dispositivos conectados a sus entradas y almacena sus valores en la memoria de entrada.
2. **Ejecución del programa:** se interpreta línea a línea el código de control según el lenguaje de programación utilizado (habitualmente en lógica escalera, lista de instrucciones, texto estructurado, diagrama de bloques o diagrama de funciones secuenciales).
3. **Actualización de salidas:** se transfieren los resultados del programa a la memoria de salida, activando o desactivando los elementos de campo.
4. **Tareas de comunicación y autodiagnóstico:** se realizan comprobaciones internas y se gestionan posibles conexiones con otros dispositivos o sistemas de supervisión.

Este ciclo se repite de forma continua, con tiempos de escaneo del orden de milisegundos, lo que permite una respuesta prácticamente instantánea frente a variaciones en el proceso.

Tipologías de autómatas programables

Los autómatas programables se clasifican en función de diversos criterios técnicos que permiten adaptarlos a distintas aplicaciones industriales:

- **Por capacidad y escala de aplicación:**
 - *Compactos*: integran todos los módulos en una sola carcasa. Son adecuados para sistemas sencillos o autónomos.
 - *Modulares*: permiten añadir o sustituir módulos según necesidades específicas. Se emplean en instalaciones complejas y escalables.
 - *Distribuidos*: utilizados en sistemas de control extensos, donde distintos nodos de PLC se comunican entre sí en red, optimizando el cableado y la gestión descentralizada del proceso.

- **Por tipo de procesamiento:**
 - *Autómatas lógicos*: orientados al control de eventos discretos mediante lógica binaria.
 - *Autómatas de proceso*: diseñados para procesos continuos, con capacidad de tratamiento de señales analógicas y funciones matemáticas complejas.
 - *Autómatas de seguridad*: incorporan funciones específicas para sistemas críticos, garantizando paradas seguras, control redundante y diagnóstico de fallos.

- **Por entorno de aplicación:**
 - *Industriales generales*: utilizados en maquinaria, líneas de producción o instalaciones energéticas estándar.
 - *Ruggedizados*: adaptados a condiciones ambientales extremas (altas temperaturas, vibraciones, polvo, humedad), como subestaciones eléctricas o plantas de generación.
 - *Especializados*: orientados a sectores específicos (edificación, climatización, ferroviario, automoción), integrando protocolos y funciones propias.

Características técnicas y funcionales

Los PLC actuales incorporan múltiples características que los diferencian de otras soluciones de control:

- **Fiabilidad y robustez:** diseñados para operar ininterrumpidamente en condiciones industriales severas, con una elevada inmunidad a interferencias electromagnéticas.
- **Capacidad de integración:** pueden comunicarse con sensores, actuadores, paneles HMI, sistemas SCADA y otras redes industriales.
- **Facilidad de mantenimiento:** ofrecen funciones de diagnóstico, detección de fallos y registro de eventos para una rápida intervención técnica.
- **Flexibilidad en la programación:** permiten reutilizar código, emplear bibliotecas funcionales y modificar el programa sin detener el sistema (*hot-swap* en algunos modelos).
- **Ahorro energético y funcionalidad avanzada:** incorporan modos de reposo, gestión de alarmas, temporizadores sincronizados y control PID.

En entornos relacionados con la energía, los PLC se utilizan para automatizar subestaciones, controlar seguidores solares en parques fotovoltaicos, gestionar cargas en sistemas de autoconsumo y supervisar instalaciones térmicas. En el contexto educativo, su enseñanza favorece la adquisición de competencias técnicas mediante simulaciones, programación de estaciones automatizadas y resolución de problemas reales, alineando el aprendizaje con los desafíos del sector energético y los objetivos de eficiencia, sostenibilidad y digitalización.

La comprensión profunda de los autómatas programables y sus aplicaciones prácticas resulta, por tanto, fundamental para consolidar las competencias profesionales en el ámbito de la automatización industrial, ofreciendo una base sólida desde la cual evaluar su relevancia técnica y formativa en el contexto de la Formación Profesional.

Conclusión

La automatización en los sistemas energéticos representa un componente esencial para la modernización y optimización de los procesos industriales. Los principios básicos de la automatización, junto con la implementación de sistemas cableados y programados, permiten un control preciso y eficiente, adaptándose a las necesidades cambiantes del sector energético. La correcta selección de los tipos de energía para el mando, el empleo de tecnologías avanzadas y la utilización de autómatas programables (PLC) proporcionan una base sólida para mejorar la eficiencia operativa, la seguridad y la sostenibilidad de las instalaciones energéticas.

Desde el punto de vista profesional, el dominio de estas tecnologías ofrece al alumnado de la Formación Profesional una ventaja competitiva significativa en el mercado laboral. La LOMLOE y la Ley Orgánica 3/2022 de Ordenación e Integración de la Formación Profesional promueven precisamente esta formación técnica y especializada, alineando las competencias del alumnado con las demandas del sector energético y potenciando su empleabilidad. El desarrollo de habilidades prácticas en el uso de sistemas automatizados y autómatas programables facilita la inserción laboral en un sector que se encuentra en constante crecimiento y evolución, especialmente con la transición hacia modelos energéticos más sostenibles y la digitalización de los procesos industriales.

En el ámbito educativo, resulta imprescindible utilizar metodologías activas, como el aprendizaje basado en proyectos, que permitan al alumnado aplicar sus conocimientos en contextos reales y desarrollar competencias transversales como el trabajo en equipo, la resolución de problemas y la adaptabilidad. De este modo, la enseñanza de los sistemas de automatización no solo contribuye a la formación técnica, sino que también fomenta el pensamiento crítico y la innovación, aspectos clave en un sector dinámico como el energético.

En definitiva, la integración de la automatización en los sistemas energéticos no solo mejora la eficiencia y la sostenibilidad de las instalaciones, sino que también abre nuevas oportunidades profesionales para el alumnado de Formación Profesional. Preparar a estos futuros profesionales con una sólida base técnica y práctica contribuirá al desarrollo de un sector energético más innovador, sostenible y adaptado a los desafíos del futuro.

Bibliografía

Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. Boletín Oficial del Estado, núm. 340, 30 de diciembre de 2020.

Ley Orgánica 3/2022, de 31 de marzo, de ordenación e integración de la Formación Profesional

Bueno González, B. (2024). *Reglamento electrotécnico para baja tensión: REBT actualizado septiembre 2024* (8.^a ed.)

Fernández Barranco, F. (2020). *Instalaciones eléctricas en edificios de oficinas, comercios e industrias (MF0821)*

Howe, K. J., Hand, D. W., Crittenden, J. C., Trussell, R. R., & Tchobanoglous, G. (2017). *Principios de tratamiento del agua*. Cengage Learning.

Osorio Marulanda, C. (2015). *La gestión del agua*. Los Libros de la Catarata.

Tormo Clemente, M. I., Blanca Giménez, V., Langa Sanchís, J., & Toledano Gasca, J. C. (2014). *Mantenimiento de redes de distribución de agua y saneamiento*. Ediciones Paraninfo.

Toledano Gasca, J. C., Blanca Giménez, V., & Tormo Clemente, M. I. (2015). *MF0608_2 - Puesta en servicio y operación de redes de distribución de agua y saneamiento*. Ediciones Paraninfo.

Trashorras Montecelos, J. (2024). *Sistemas eléctricos en centrales* (2.^a ed.). Ediciones Paraninfo.