

**AUTOMATIZACION
DE LOS PROCESOS DE
PRODUCCION DE AZUCAR**

TOMO I

AUTOMATIZACION

DE LOS

PROCESOS DE

PRODUCCION

DE AZUCAR

PARTE I

CAPITULOS:

I - II - III

GONCHARENKO BORIS NICOLAIEVICH

CANDIDATO EN CIENCIAS TÉCNICAS

AGOSTO DE 1978

AÑO DEL XI FESTIVAL

C O N T E N I D O

INTRODUCCIÓN	3
<u>CAPÍTULO I</u>	14
SISTEMA AUTOMÁTICO DE DIRECCIÓN	
<u>CAPÍTULO II</u>	73
ELABORACIÓN DE LOS SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE REGULACIÓN DE LOS PROCESOS TECNOLÓGICOS (SARPT)	
<u>CAPÍTULO III</u>	162
CÁLCULO DE LOS SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE REGULACIÓN DE LOS PROCESOS TECNOLÓGICOS (SARPT)	

INTRODUCCION

1. OBJETIVOS Y CONTENIDO DEL CURSO

La tarea de automatizar los procesos de producción de azúcar, es relativamente difícil; por lo que, para conjugar todas sus especificaciones se requiere:

- un enfoque general;
- dominio de los variados medios de automatización;
- dominio de la técnica de automatización de la producción;
- dominio de la teoría de regulación;
- conocimiento de los principios generales de automatización de los procesos tecnológicos;
- una concepción definida de su utilización (desde la confección del proyecto, el montaje y el ajuste, hasta la explotación y el mantenimiento).

Los aspectos antes mencionados, están interrelacionados y observarlos es necesario, para obtener los resultados deseados. La importancia de cada uno de ellos, puede ser diferente para cada uno de los especialistas que participan en la preparación de los sistemas automáticos (SA), en dependencia de su especialidad y de las obligaciones inherentes a su cargo.

Por ejemplo, al técnico en automatización conciernen, en igual medida, todos los aspectos -

de la automatización; pero al tecnólogo de la producción, le interesa más el resultado de la automatización, sin entrar en detalles técnicos. A los directores de producción, puede interesarles más, por razones de su trabajo, los principios generales de la automatización de los procesos tecnológicos.

Establecido lo anterior, y teniendo en cuenta la corta extensión del curso, éste no contempla, ni tampoco es su objetivo, el estudio completo de la teoría y la práctica para la elaboración de un proyecto de sistema automático (SA), su ejecución, ajuste y explotación.

El objetivo del curso, es dar una visión general:

- sobre la teoría de la regulación automática;
- la comprensión del proceso tecnológico como objeto de regulación;
- los requerimientos para la elaboración de los proyectos de automatización;
- la organización del mantenimiento de los instrumentos de medición, control y automatización;
- proyectos típicos para la automatización de procesos tecnológicos en general y algunos de los ya aplicados en la industria azucarera de Cuba.

2. NOCIONES SOBRE MECANIZACION Y AUTOMATIZACION

Mecanización es la aplicación de mecanismos y máquinas al proceso de producción, a fin de hacer más fácil y ligero el trabajo del hombre.

Los objetivos de la mecanización son:

- reducir el esfuerzo físico del trabajador;
- reducir la fuerza de trabajo directa en la producción;
- incrementar la productividad del trabajador;
- reducir el costo de producción, etc.

Con la mecanización, la función del trabajador se reduce a la utilización de los mecanismos y máquinas incorporados al proceso tecnológico.

No obstante, aún la dirección de la producción mecanizada, puede ser agobiante y físicamente difícil para el hombre.

Tratándose de procesos rápidos, de corta duración, ocurre que aún el obrero más experimentado, muchas veces no está en condiciones de actuar a tiempo sobre el proceso, cuando éste se desvía de su curso normal, pudiendo ocurrir, como consecuencia de ello, explosiones, accidentes, perturbación de la tecnología, pérdidas de producción, etc.

Automatización significa la solución de los problemas de dirección de la producción mecanizada, para obtener:

- aumento de la productividad del trabajo;
- mejora de la calidad de la producción;
- mejor utilización de la materia prima y la energía.

En esta nueva etapa en que la dirección de la producción se automatiza, el hombre deja de ser un participante directo del proceso; son los mecanismos, controlados automáticamente, los que adecuadamente programados, asumen las funciones de mando y dirección.

En otras palabras, la automatización significa - la aplicación de medios técnicos apropiados para la dirección de los procesos mecanizados, tecnológicos y de producción, sin la participación directa del hombre.

La participación del hombre en la producción automatizada, se manifiesta en el diseño y la materialización de los sistemas automatizados de dirección; diríase, en el montaje, ajuste, explotación, servicio y mantenimiento preventivo.

Conforme a estas definiciones, la automatización es la mecanización de los procesos de dirección.

La introducción de la automatización en la dirección de la producción, conduce al mejoramiento de los índices de eficiencia, tales como:

- aumento de la cantidad y mejora de la calidad;
- reducción de los costos;
- reducción de los productos defectuosos y de los desechos;
- reducción del consumo de materia prima y de energía;
- reducción del número de obreros básicos;
- alargamiento de los períodos entre reparaciones.

Existe una serie de procesos tecnológicos, como -

tancialmente la eficiencia de los procesos básicos.

En los sistemas de automatización local de procesos tecnológicos, existen lazos de dirección cerrados a nivel del propio proceso tecnológico y el elemento de cierre es un regulador automático que mantiene el parámetro prefijado.

La investigación teórica y experimental en la esfera de los procesos tecnológicos y de producción, así como en la organización de la producción, los actuales conocimientos de su flujo, las relaciones entre estas cosas, y la existencia de los medios apropiados, permiten pasar a la automatización compleja de las áreas de producción formadas generalmente por varios procesos tecnológicos.

Por ejemplo, podemos referirnos a la automatización compleja de la estación de evaporadores, la cual no incluye sólo los aparatos de evaporadores sino la estación en su conjunto. Todos los procesos tecnológicos dentro de los límites de esta área de producción, pueden automatizarse como un solo conjunto. Las partes automatizadas individualmente, cuando se unen, constituyen de por sí un sistema automático complejo que en comparación con la automatización local, asegura mayor eficacia en la dirección y mejores índices de producción.

Para garantizar este sistema, se emplean equipos de computación los cuales, de acuerdo con una programación determinada y basándose en la infor-

mación recibida desde todos los procesos tecnológicos del área, y también tomando en cuenta los requerimientos de otras áreas de producción, calcula los índices técnico-económicos del área tales como: costo de producción, eficiencia, consumo de energía, etc., que son utilizados por el jefe operativo del área, como "Consejo" para decidir la acción que le proporcione el mejor resultado; por ejemplo, la máxima producción con el mínimo gasto de energía.

Siguiendo las recomendaciones de la computadora, el jefe del control operativo del área puede cambiar el punto de ajuste de los reguladores o, en caso necesario, utilizar los mandos a distancia para actuar directamente sobre los elementos finales de regulación.

En los sistemas complejos de automatización más modernos, se realiza el control utilizando máquinas computadoras de mando. Estas máquinas no solamente calculan los índices técnico-económicos, sino que actúan directamente, ya sea sobre los reguladores cambiando el punto de ajuste o, sin tomar éstos en consideración, actúan directamente sobre los elementos finales de los sistemas automáticos de dirección (SAD) locales.

Diferenciándose de las computadoras "consejeras", las de mando forman parte del lazo cerrado de dirección del área de producción.

La automatización compleja representa un nivel más elevado de centralización de dirección de la

producción, ya que desde un centro de dirección - operativo, en el que están concentrados todos los instrumentos de medición y regulación, así como - la computadora, se dirigen automáticamente todos - los procesos tecnológicos que componen un área. Sin embargo, la coordinación del trabajo de las - diferentes áreas de producción, tiene que ser rea - lizada por el jefe de dirección operativa de toda la producción o el tecnólogo a cargo de esta fun - ción.

En caso de confiar la coordinación del trabajo de las distintas áreas a un dispositivo automático, - que comprendería una computadora de dirección (in - cluída en el sistema de dirección de la producción) habríamos arribado a la automatización integral, es decir, a un sistema único de control que enlazaría todos los sistemas complejos. Este sistema único - coordinaría el trabajo de los sistemas automáticos locales y de los sistemas complejos, a nivel de to - da la producción.

La máquina computadora de dirección recibe informa - ción directa de todos los procesos tecnológicos y, de acuerdo con el programa prefijado, busca y da - la solución óptima dentro de un área de producción y, más aún, entre las distintas áreas, para corre - gir el trabajo de las áreas separadas. De este mo - do se realiza la dirección operativa de toda la - producción.

La automatización integral garantiza el funciona - miento armónico y la alta productividad de los equi

pos, a la vez que reduce notablemente las fluctuaciones en los índices cualitativos de la producción.

La realización de la automatización compleja y, con mayor razón, la integral, requiere una estricta modelación matemática (es decir, la interrelación entre los parámetros) de los procesos tecnológicos de las áreas de producción y de la producción en su conjunto, en calidad de objeto de dirección; así como el establecimiento de los algoritmos que determinan el contenido y la secuencia de las operaciones de dirección necesarias para lograr los resultados deseados, los cuales son en este caso, los criterios de dirección.

CAPITULO NO. 1

SISTEMA AUTOMATICO DE DIRECCION

1.1 CONCEPTOS BASICOS Y DEFINICIONES

El objetivo de la producción material es la creación de los bienes necesarios para la vida y el desarrollo de la sociedad.

La base de la producción la constituyen diferentes procesos. Se distinguen los procesos tecnológicos y los procesos de producción.

Se denomina proceso técnico o tecnológico, al conjunto de acciones con carácter netamente técnico-encaminadas a la transformación del material que se procesa. En el proceso de calentamiento varía la temperatura del jugo; en el proceso de evaporación lo que varía es la densidad; en ambos, la materia prima es el jugo.

Cualquier proceso tecnológico se realiza según - principios o reglas de obligatorio cumplimiento, las cuales pueden caracterizarse por un conjunto de operaciones comunes y precisas, ejecutadas en determinadas secuencias, que rigen el desenvolvimiento del proceso en cualquier instalación o sistema de instalaciones, a fin de obtener los resultados deseados. El conjunto de estos principios de ejecución del proceso tecnológico, se denomina algoritmo de funcionamiento.

La influencia del medio o la que ejercen unos - dispositivos sobre otros, dentro del sistema o - sobre el proceso que en ellos se desarrolla, oc

sionando con ello un cambio en sus características, se denomina: Influencia Perturbadora.

Al examinar, por ejemplo, el proceso de calentamiento del jugo, las variaciones en la cantidad de vapor suministrado o en el flujo del jugo, originan un cambio en la temperatura del producto calentado (jugo). Por lo tanto, en este caso, la variación en el agente de calentamiento (vapor) o en la cantidad del producto calentado, son influencias perturbadoras, en tanto la variación de temperatura constituye el cambio de la característica del proceso de calentamiento.

Si el sistema técnico en el que tiene lugar el proceso tecnológico, al ser afectado por la influencia perturbadora, es capaz de efectuar por cuenta propia el algoritmo de funcionamiento, resulta evidente que dicho sistema no necesita de una dirección especial. De no ser así, esto es, si no se cumple el algoritmo al ser perturbado el sistema, es necesario ejercer una acción externa de dirección organizada especialmente que, junto con las propias acciones del sistema, conlleven a la realización del algoritmo de funcionamiento. El conjunto de condiciones que definen el carácter de las acciones de dirección, es decir, las reglas que determinan la regularidad y secuencia con que deben ser aplicadas, se denominan algoritmo de dirección. Es evidente, que las acciones de dirección aplicadas al sistema en el que transcurre el proce-

so tecnológico deben ser, por su carácter, opuestas a las influencias perturbadoras y, en cierta medida, deberán compensarlas. Por ejemplo, en el caso examinado, la marcha del proceso de calentamiento en el calentador, está caracterizada por el valor de la temperatura del producto calentado. La perturbación ocasionada en el proceso debido al aumento de la cantidad de la masa del producto (jugo), se manifiesta en la disminución de temperatura y puede ser compensada por la acción de dirección ejercida sobre el proceso de calentamiento mediante un aumento en el suministro de vapor.

El proceso de producción, al igual que el tecnológico, tiene como objetivo transformar el material del proceso, pero se diferencia de él en que además contiene la dirección de los procesos tecnológicos, con el fin de obtener un determinado efecto de producción, por ejemplo, alta calidad en los productos, costo mínimo, máxima productividad, etc.

Es evidente que la tarea de la dirección del proceso de producción, es mantener la intensidad de la marcha del proceso tecnológico en concordancia con su algoritmo de funcionamiento, y coordinar las acciones de dirección en relación con el algoritmo de dirección.

Se distinguen dos clases de dirección de los procesos tecnológicos: el manual y el automático.

El control manual se realiza directamente por -

el hombre; en cambio el automático es efectuado por dispositivos que actúan por sí mismos en concordancia con el algoritmo de dirección, sin la participación directa del hombre.

Como ya se ha señalado, a medida que crezcan los volúmenes de producción, las capacidades energéticas utilizadas y la intensidad del proceso, la dirección manual tiende a ser desplazada por la dirección automatizada.

La dirección automatizada garantiza una mayor seguridad para el personal de operación de las distintas instalaciones, así como una elevada calidad del producto. Deciden este hecho las siguientes causas:

- la limitada velocidad de reacción del hombre, - que no es menor de 0,3 seg;
- la influencia que el cansancio del operador - ejerce sobre la precisión y calidad del control;
- las características subjetivas del operador;
- las complejas apreciaciones empíricas que intervienen en la dirección manual (apreciaciones visuales por ejemplo) que son inadmisibles;
- las razones económicas que confirman las ventajas de la dirección automatizada en la disminución de los gastos por concepto de trabajo manual;
- el grado de adaptabilidad de muchos procesos - para el empleo de la dirección automatizada, -

como es el caso de los procesos continuos.

En la dirección automatizada surge el concepto de objeto de dirección, que es el equipo o grupo de éstos en que tiene lugar el proceso tecnológico y sobre el cual, para llevar a efecto su algoritmo de funcionamiento, se requieren acciones de dirección externas, organizadas de manera especial.

El objeto de dirección, independientemente de su complejidad, unido al dispositivo automático de dirección, actuando mutuamente, conforman lo que se denomina sistema automático de dirección (SAD).

A diferencia de otros sistemas técnicos cuyo rasgo característico es la transformación y la transmisión de energía o de materia desde su punto, de origen al lugar de aplicación o procesamiento, el SAD tiene por objetivo primordial transmitir y elaborar la información necesaria para realizar la dirección automática.

En el campo de la automatización, la información se basa en datos que sobre las características y estados de los procesos suministran las señales. La señal es la medición de una determinada magnitud, que refleja de un modo convencional una información contenida en cierta acción o parámetro. Por ejemplo, pueden ser señales: la presión del aire comprimido que sufre variación dentro de ciertos límites; la tensión, la intensidad o la frecuencia de la corriente eléctrica etc.

La automática es la rama de la ciencia y de la técnica que investiga y aplica la teoría de la dirección automática, los principios de diseño de los sistemas automáticos y de los medios técnicos que los integran.

La automatización es la aplicación de la automática, para dirigir los procesos concretos tecnológicos o de producción. Es una etapa de la producción mecanizada, que se caracteriza porque libera al hombre de la ejecución directa de las funciones de dirección en los procesos de producción, funciones que son transferidas a los dispositivos automáticos de dirección.

La dirección, incluyendo la manual y la automática, es la ejecución de un grupo de acciones sobre el objeto de dirección seleccionadas dentro de muchas posibles, de acuerdo con el algoritmo de dirección, en base a la información recibida y convenientemente encaminada a mantener funcionando el objeto de dirección, en concordancia con el algoritmo de funcionamiento pre-establecido.

El estudio de las cuestiones generales de dirección y de la transmisión de la información, incluso en los sistemas en que es necesario la participación del hombre, se denomina cibernética técnica. Esta comprende no solamente lo que se refiere al mantenimiento y ajuste de estos sistemas, sino también su funcionamiento.

Sin embargo la cibernética técnica no analiza lo

referente a los medios necesarios para la realización concreta de los sistemas, limitándose a los principios generales de su diseño y funcionamiento. A diferencia de ella, la automática es una ciencia más precisa, que se ocupa de la realización de los sistemas de automatización, incluyendo tanto los aspectos teóricos como los medios necesarios.

En dependencia del nivel requerido de automatización, en un proceso de producción dado, el SAD puede cumplir las siguientes funciones:

- control automático (señalización y regulación);
- control y dirección centralizada;
- recopilación, elaboración, transmisión y conservación centralizada de la información y toma de decisiones;
- comunicación en la producción y otras.

La dirección más difundida en los procesos tecnológicos continuos como sistema de automatización es la regulación automática, ya que la marcha del proceso tecnológico se caracteriza por el valor de ciertas magnitudes físicas, los llamados parámetros tecnológicos del proceso. La regulación consiste en el restablecimiento del régimen preestablecido, mediante acciones sobre el objeto de dirección que cambien o estabilicen sus parámetros en valores próximos a los requeridos. Estas acciones se ejecutan a través de los órganos de mando, en forma manual o automática.

Se denomina objeto de regulación (OR), el propio

proceso tecnológico cuyos parámetros se regulan y el equipo o instalación industrial donde éste tiene lugar.

Los parámetros del proceso tecnológico (objeto de regulación), cuyos valores deben mantenerse o variar (regular), de acuerdo con un programa dado, son llamados parámetros regulados o variables reguladas.

La variable regulada, en caso general, puede alterarse por efecto de las influencias perturbadoras o acciones reguladoras. El valor que la variable regulada debe tener en un momento dado, de acuerdo con el régimen del proceso tecnológico o con el algoritmo de funcionamiento del objeto regulado (OR), se llama valor deseado (prescrito) o punto de ajuste de la variable regulada. El valor real de la variable regulada en un determinado momento, se denomina valor instantáneo. El valor instantáneo del parámetro, puede o no ser igual al punto de ajuste.

La diferencia entre el valor instantáneo de la variable regulada y su punto de ajuste, se denomina desviación o error de regulación. Cuando coinciden los dos valores, la desviación es nula (este es el objetivo de la regulación). De no ser así, la desviación tendrá cierto valor y signo. Este signo será positivo o negativo, de acuerdo con el sentido de la desviación del valor instantáneo con respecto al punto de ajuste.

Sobre el objeto de regulación, influyen constantemente perturbaciones que originan la desviación, de forma tal, que obligan a la variable regulada a apartarse del valor deseado. La acción reguladora también actúa sobre la variable regulada pero en sentido contrario, esto es, obliga a esta última a aproximarse al valor deseado.

Las influencias perturbadoras y las acciones de regulación, causantes de los cambios en el valor de la variable regulada, pueden ser consideradas como variables de entrada (señales) del objeto de regulación (OR), mientras que las variables ya reguladas, que dependen de las primeras, pueden ser consideradas como variables de salida de los objetos de regulación.

Como cualquier otro sistema de dirección, el sistema automático de regulación (SAR), tiene además del objeto de regulación (OR), los medios técnicos necesarios de la automática, que en conjunto forman el regulador automático (RA). Este regulador automático, está constituido por un dispositivo o grupo de dispositivos que comparan el valor instantáneo de la variable regulada con el punto de ajuste, revelando el valor y signo de la desviación; en obediencia a una ley determinada, ejerce la acción reguladora.

Para que exista la desviación, es necesario que ininterrumpidamente llegue a la entrada del regulador automático el valor de la señal de sali-

da del objeto de regulación y que en él mismo se conserve el valor deseado (punto de ajuste) para la variable regulada.

El valor instantáneo de la variable regulada, en el objeto de regulación, se mide por el captador del parámetro (elemento primario, con vertidor de señales).

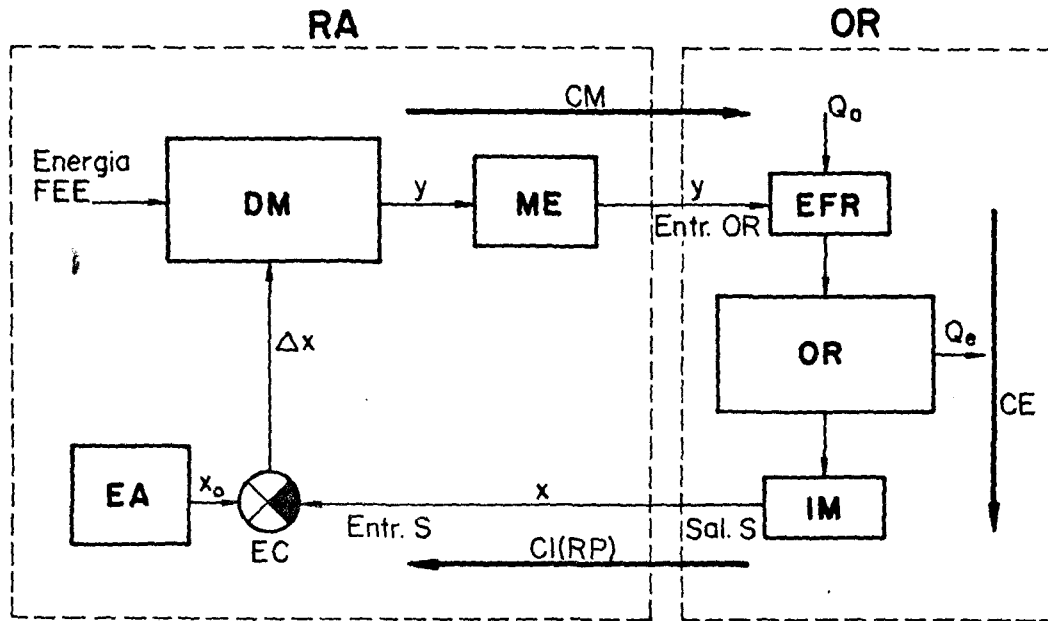
La acción reguladora es ejercida sobre objeto de regulación, en lo general, por la variación del flujo energético o material, que actúa sobre la desviación de la variable regulada.

El elemento que recibe la acción reguladora del regulador automático y que directamente varía el flujo, es llamado elemento final de regulación (EFR).

El desplazamiento del elemento final, es efectuado por un mecanismo ejecutivo (ME) (servomotor). Es evidente que para que ocurra el proceso de regulación, es necesario que la señal reguladora pase de la salida del regulador a la entrada del objeto de regulación.

1.2 ESTRUCTURA DEL SAR

Según lo expuesto, el sistema automático de regulación (SAR) consta del objeto de regulación y del regulador automático, uniendo sus entradas y salidas a través de un circuito de acción, formando un lazo cerrado.



Sistema Automático de Regulación (SAR)

Fig. 1-1

Las partes integrantes del SAR y la relación entre ellas la podemos ver en la figura 1-1, que es el esquema funcional.

El objeto de regulación (OR), que es donde se realiza el proceso tecnológico, se caracteriza por el valor instantáneo (real) X , del parámetro regulado, que depende de la variación de la afluencia Q_a y la variación de la efluencia Q_e de la materia o energía y la influencia perturbadora y acción reguladora. Al objeto de regulación pertenecen también el elemento final de regulación y el instrumento de medición situados en él. El instrumento de medición mide los valores instantáneos de la variable que se desea controlar (X) y lo convierte en una señal adecuada.

El regulador automático (RA) habitualmente posee un elemento de ajuste (EA), un elemento de comparación (EC), el amplificador que es a su vez el dispositivo de mando (DM) y el mecanismo ejecutivo (ME).

El regulador automático (RA) habitualmente posee un elemento de ajuste (EA), un elemento de comparación (EC), el amplificador que es a su vez el dispositivo de mando (DM) y el mecanismo ejecutivo (ME).

El elemento de ajuste da el valor preescrito (punto de ajuste) en la entrada del sistema automático de regulación (Entr S). Se considera co-

mo entrada del SAR la parte del lazo donde coincide el valor prescrito X_0 y el valor instantáneo X del parámetro que se regula.

El valor prescrito X_0 puede ser constante, cuando se necesita mantener la variable regulada, o puede variar conforme a un determinado programa, cuando es preciso realizar una regulación programada o de corrección.

El elemento de comparación (EC) suma algebraicamente el valor instantáneo X de la variable regulada y el valor prescrito X_0 (punto de ajuste), revelando la desviación del sistema:

$$\pm \Delta X = X_0 - X$$

cuyo valor es enviado a la entrada del dispositivo de mando (DM).

El dispositivo de mando amplifica y convierte la señal de desviación ($\pm \Delta X$) en una acción reguladora, de acuerdo con la ley de regulación adoptada para dicho sistema. El dispositivo de mando funciona con energía de una fuente externa (FEE).

A veces en los reguladores de acción directa no hay fuente externa de energía y la acción reguladora se produce con la energía del parámetro que se controla.

La ley de regulación determina la dependencia funcional entre el desplazamiento del elemento final de regulación y la desviación.

El mecanismo ejecutivo (ME) amplifica la acción reguladora de tal manera que ésta resulte suficiente para poder desplazar el elemento final -

de regulación y ejercer sobre el objeto de regulación, la acción correspondiente.

De lo expuesto se deduce que en el SAR hay diferentes circuitos de transmisión de acciones y señales. Se distinguen los circuitos energéticos, los de información y los de mando.

El circuito energético (CE) en el SAR alimenta al objeto de regulación (OR), procurando su normal funcionamiento. Debe señalarse que la fuente externa de energía (FEE) que garantiza el trabajo del regulador automático, posee un valor independiente y no tiene relación con este circuito.

El circuito de información del SAR (CI) sirve para transmitir la información de la variable regulada (X) desde el objeto de regulación (salida del SAR, es decir, Sal S) hasta la entrada del regulador automático (entrada del SAR, es decir, Ent4 S), con la conversión adecuada.

El circuito de mando (CM) sirve para transmitir la acción de regulación desde la salida del regulador al elemento final de regulación (Entr - OR). El elemento final, por el papel que desempeña, se sitúa siempre en el punto de convergencia del circuito de mando y el energético, a fin de garantizar la posibilidad de variar la intensidad del circuito energético y obtener la acción reguladora.

El circuito de información, al unir la salida del sistema (Sal S) que coincide con la salida

del objeto de regulación y la entrada del sistema (Entr S), que coincide con la entrada del regulador, cierra el lazo de acción del SAR, - resultando así, un sistema cerrado. De esta - forma, se establece la retroalimentación (la - acción de la salida del SAR sobre la entrada - del mismo) denominada retroalimentación principal (RP). Esta es diferente a la retroalimentaciones, locales, que se usan en el regulador - automático para integrar sus elementos a fin de transmitir las propiedades necesarias que cumplan la ley de regulación deseada.

La transmisión de la señal del valor instantáneo del parámetro regulado X (ver Fig 1-1) al sector negro del elemento de comparación (EC), significa que la retroalimentación principal llega a la entrada del SAR con signo opuesto respecto al punto de ajuste, es decir, es una retroalimentación negativa. Gracias a esto, cuando el valor del punto de ajuste (X_0) y el valor instantáneo de la variable regulada (X) son iguales, no existe desviación ($\Delta X = X_0 - X = 0$) y no se genera acción reguladora, por lo que el SAR se encuentra en estado de equilibrio. En caso de que la variable regulada sea diferente del valor dado, la desviación es desigual a cero y existe la necesidad de regularla. El regulador automático, de acuerdo con la desviación existente (valor y signo) genera una acción reguladora para disminuir y eliminar la desviación mediante la variación del valor real del paráme-

tro regulado, aproximándolo al valor dado (punto de ajuste). Hay que tener en cuenta que la acción reguladora actúa sobre la desviación - (ΔX) en sentido opuesto a la influencia perturbadora.

3 LOS PROCESOS TECNOLÓGICOS COMO OBJETO DE REGULACION

Se ha visto que el objeto de regulación y más generalmente, el de dirección, consiste en un sistema dinámico que se realiza en diferentes tipos de aparatos, en el que tiene lugar un proceso tecnológico cuyos parámetros varían bajo el efecto de las influencias perturbadoras y las acciones de dirección.

Existen objetos de dirección simples y complejos.

El objeto de dirección simple se forma generalmente por un proceso tecnológico sencillo, por ejemplo, calentamiento del jugo, en tanto el complejo puede ser un área de producción, por ejemplo el área de evaporación, la de clarificación o toda la producción de un ingenio.

El objeto de dirección puede ser también una rama de la industria, por ejemplo, toda la industria azucarera, pero esto es muy difícil de realizar.

En este curso nos dedicaremos a los objetos de dirección simple para los cuales sólo es necesario la regulación.

Es evidente que el objetivo de la dirección es-

la modificación de las características del objeto en cuestión, a fin de obtener el resultado deseado o prescrito con la ayuda de los distintos reguladores automáticos.

El objeto de regulación puede ser caracterizado por el tipo de proceso tecnológico que en él transcurre, puesto que ello determina en principio la solución de la automatización y cuáles parámetros deben ser controlados, señalizados, regulados, y por mediación de cuales se puede efectuar la regulación.

Para la industria azucarera, son característicos los siguientes procesos tecnológicos:

- mecánicos: dosificación de materiales a granel, transportación;
- hidráulicos: desplazamiento y mezcla de líquidos, separación de cuerpos extraños;
- térmicos: calentamiento y enfriamiento de líquidos, evaporación, cristalización, combustión, obtención del vapor tecnológico;
- transferencia de masa: absorción en las masas cocidas, secado.

Todos los procesos enumerados, van acompañados también de distintos procesos químicos de naturaleza orgánica e inorgánica.

Los procesos tecnológicos de la industria azucarera, se realizan en máquinas, donde la materia-prima cambia de forma bajo acciones mecánicas, o en aparatos, en los que bajo la acción de ciertos factores, se modifican sus propiedades. Para ca-

da etapa particular del proceso, se establecen sus parámetros específicos.

En algunos de estos aparatos, ocurren al mismo tiempo varios procesos tecnológicos. Esto se refiere, especialmente a la combinación de los procesos físico-químicos con los energéticos. Por ejemplo la evaporación o la cocción en los tachos.

La mayoría de los procesos tecnológicos en la industria azucarera son continuos, aunque existen también los procesos netamente intermitentes y los llamados discreto-continuos. Ejemplos: evaporación, purga y cocción.

Resulta más fácil automatizar los procesos continuos, pues en ellos no se requiere un gran número de acciones de mando y dirección, mientras que los discreto-continuos son los que más difícilmente se adaptan a la automatización por ser numerosas y reiteradas las acciones de dirección y a la vez más precisos y complejos los programas aplicados.

En distintas fábricas, los procesos del mismo tipo pueden tener algunas diferencias, ya sea de los aparatos en que tienen lugar, ya en las diferentes propiedades de las sustancias que en ellos participan. No obstante, todos ellos están sujetos a las mismas leyes y exigen que se cumpla la relación adecuada entre los parámetros. El carácter de estas relaciones determinan los parámetros que deben ser usados como vía de dirección. Por

ejemplo con el cambio de temperatura en los calentadores que, independientemente de su capacidad y dimensiones, pueden ser regulados variando la admisión de vapor.

Los procesos del mismo tipo permiten elaborar - para los aparatos de diseños más generalizados, una solución de automatización aplicable, con algunas modificaciones menores, a las diferentes variantes de éstos equipos. Esto se denomina esquema típico de automatización.

La elaboración de esquemas típicos de automatización para los procesos particulares, facilita sustancialmente la elaboración de esquemas concretos para la automatización de diferentes producciones.

Existen procesos que están supeditados simultáneamente a diferentes leyes físico-químicas; - por ejemplo, si se trata de la caldera de vapor, para su funcionamiento automático se deben considerar varios parámetros relacionados entre sí (presión en el domo, nivel de agua) y realizar simultáneamente distintos procesos (quemado de combustible, suministro de aire, evacuación de gases, evaporación de agua y, a menudo, el sobrecalentamiento del vapor obtenido).

Automatizar los procesos resulta bastante difícil. Se caracterizan por un gran número de parámetros que varían bajo las influencias perturbadoras y las acciones reguladoras. A pesar de su diversidad, éstos parámetros pueden ser --

agrupados como sigue: de entrada, de régimen y de salida.

Los parámetros de entrada, caracterizan los flujos materiales y energéticos (gasto de materia prima, presión del vapor calentado, etc.) en la entrada del aparato (objeto de regulación).

Los parámetros de régimen, son determinados por las condiciones en que se desarrolla el proceso en los aparatos. Si son iguales en toda la instalación, se denominan parámetros concentrados, ya que resulta factible determinar el parámetro correspondiente en cualquier punto) del aparato.

Existen objetos de regulación donde el valor de los parámetros distribuidos; por ejemplo, la presión del jugo desde la salida de la bomba hasta el punto de entrada del calentador.

Los parámetros de salida caracterizan los flujos materiales y energéticos (composición del producto, cantidad de residuales) en la salida del aparato. Pueden también ser parámetros de salida los índices económicos consolidados del proceso; por ejemplo, el costo de la producción.

Todo el conjunto de valores de los parámetros de un proceso, se llama régimen tecnológico.

El conjunto de valores de los parámetros de régimen, que es necesario mantener para la realización eficaz del problema planteado en la dirección del proceso, es denominado (régimen tec-

nológico normal.

El régimen tecnológico normal, es posible darlo y presentarlo como una carta tecnológica en la que se consigna la relación de los parámetros cuyos valores debemos mantener durante el proceso, las tolerancias admisibles, etc.

Cuando no exista carta tecnológica, el operador calificado tiene que saber esta relación para poder cumplir su obligación en la dirección del proceso.

Cuando se usa la dirección automática, es obligatorio tener la carta tecnológica para poder ajustar los diferentes sistemas automáticos de regulación.

La dirección de los procesos tecnológicos se reduce el mantenimiento de los parámetros en los valores que garantizan el régimen tecnológico normal.

El régimen tecnológico normal es constantemente desviado por las influencias perturbadoras. Muchas de éstas resultan difícil detectarlas con antelación, lo que dificulta el proceso de dirección. Las influencias perturbadoras pueden ser por su origen, externas e internas.

Las influencias perturbadoras externas actúan desde afuera sobre el objeto de regulación, modificando, en primer lugar los parámetros de entrada y algunos de salida, cuya variación depende del objeto que se controla y, en segundo lugar, los parámetros del medio ambiente. Así

el cambio de la presión de vapor de calentamiento, si se mantiene constante su volumen, provoca variación en la temperatura del producto que se calienta. La variación, por ejemplo, en la demanda de vapor con propósitos tecnológicos, origina un cambio de presión en el domo de la caldera da en invierno y en verano diferentes temperatura en los gases de la chimenea, todo esto es producto de la influencias perturbadoras externas.

Las perturbaciones que se originan en el mismo objeto de regulación se denominan perturbaciones internas y provocan una perturbación del régimen tecnológico normal; por ejemplo, a medida que aumenta la incrustación en los evaporadores, varían las condiciones de transferencia de calor y para una misma cantidad e iguales parámetros del vapor de calentamiento, la temperatura del producto sometido a la evaporación descende.

En el diseño de los esquemas de automatización, es necesario prestar una especial atención a las perturbaciones externas, ya que se producen con mayor frecuencia y pueden ser compensadas mediante el SAR, antes de que entren en el objeto de regulación; por ejemplo, la presión del vapor de calentamiento puede ser estabilizada antes de llegar al intercambiador, si se sitúa en la entrada un regulador de presión. Como premisas para establecer la automatización,

deben ser considerados los siguientes requisitos:

- el elevado nivel científico técnico de la tecnología de producción (procesos continuos y en cadena).
- la perfección alcanzable para las soluciones de producción en máquinas y aparatos.
- el elevado nivel de los esquemas típicos de automatización en la mayoría de los procesos tecnológicos.
- el nivel suficientemente elevado de la mecanización de las operaciones más laboriosas y pesadas, siendo a veces posible alcanzar una mecanización integral.
- el buen equipamiento energético.

No debe considerarse a la automatización como un objetivo independiente y esperar buenos resultados de cualquier aparato o proceso por el solo hecho de automatizarlo.

Los sistemas automáticos de regulación y los de dirección, sólo pueden ser creados en el caso de una preparación suficiente del objeto que se desea automatizar, el cual debe reunir los requisitos adecuados. Esto significa, que el objeto debe estar mecanizado y en funcionamiento continuo. En los objetos de acción periódica las operaciones se realizan de modo consecutivo en diferentes períodos de tiempo, lo que obliga a reajustar el aparato a diferentes regímenes tecnológicos normales: se abren unos conductos, otros -

se cierran, varían los valores de los parámetros regulados, a veces incluso varían los propios parámetros; todo esto dificulta la automatización. Por ello, el objeto de regulación debe ser diseñado especialmente para que las influencias perturbadoras sean mínimas en cantidad, frecuencia, valor e intensidad. Con esta finalidad, a veces, se instalan aparatos adicionales intermedios, en los cuales los parámetros de entrada se ponderan o estabilizan.

1.4 SISTEMA AUTOMATICO DE DIRECCION

1.4.1 Dispositivos

Los dispositivos automáticos que integran los sistemas de dirección, según sean sus propiedades de funcionamiento, se dividen en dispositivos de control, regulación, dirección programada, señalización y de protección y bloqueo.

Los dispositivos de control automático sirven para la obtención de información sobre el estado del objeto (valores de los parámetros) y las condiciones de su trabajo. Estos pueden ser dispositivos independientes, destinados al control visual de los parámetros del proceso o a su registro gráfico en cartas o cintas. A veces son partes integrantes de los dispositivos de regulación, señalización o protección, los cuales requieren para su funcionamiento, información

sobre los parámetros del proceso.

En la Fig. 1-2 está dado el esquema del sistema de control automático, que contiene los dispositivos de transmisión de la información a distancia.

En el objeto de control automático (OCA), se encuentra el elemento sensor (ES) como elemento primario (captador), el cual está unido con el instrumento secundario (IS) mediante la línea de teletransmisión (LTT). El instrumento secundario indica, registra y separa o clasifica la información necesaria para el operador. Al grupo de dispositivos de control pertenecen prácticamente todos los instrumentos de medición contemporáneos: termómetros, manómetros, nivelómetros, flujómetros, etc.

Los instrumentos de medición y control (IMC) se instalan directamente en los equipos tecnológicos (instrumentos locales) o bien en los paneles centralizados de control (telemedición).

Los sistemas de telemedición, se utilizan para la dirección normal del proceso con operador, y los locales para el ajuste y puesta en marcha.

Los dispositivos de regulación están destinados a mantener en valores constantes los parámetros del proceso, utilizando -

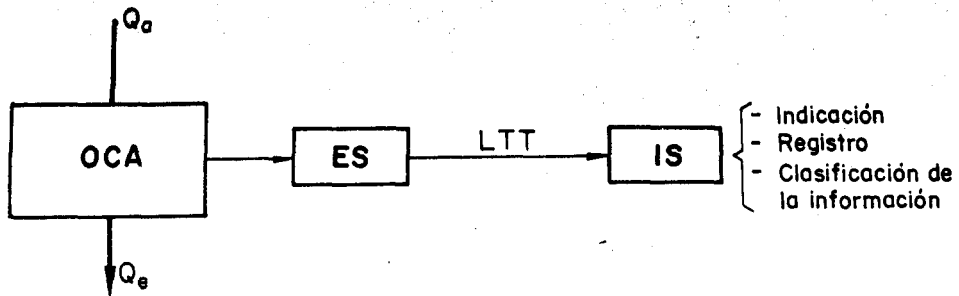


Fig. 1-2