

SISTEMAS ELETRÔNICOS DE CONTRÔLE AUTOMÁTICO

Conceitos Fundamentais de Compatibilidade ao Comando por Computador Digital

ENG.º HERMINIO LEITE CIDADE (*)

I. HISTÓRICO

Os sistemas eletrônicos de controle estão associados basicamente ao comando automático de processos por computador. Mesmo nos casos em que o projeto inicial não prevê o emprego imediato de processamento computadorizado, permanece sempre a possibilidade de sua inclusão em futuro mais ou menos remoto.

Nessas circunstâncias, o estudo dos sistemas eletrônicos de controle envolve, como fator essencial, a compatibilidade ao comando por computador. A definição do sistema terá que garantir máxima capacidade de comunicação entre computador e processo; interface de computação, e assegurar perfeita flexibilidade e segurança do equipamento periférico.

Atendendo a esses requisitos básicos, a Fischer & Porter Co. pautou os sistemas eletrônicos de sua fabricação de forma a garantir máxima flexibilidade de interface, tornando-a compatível a qualquer modalidade de comando por computador. O equipamento admite acoplamento imediato a unidade já existente ou a ser adicionada em data posterior, com o mínimo de modificações e sem perda da continuidade e segurança operacional.

O comando automático de processos por computador digital obedece, de forma geral, a dois conceitos fundamentais distintos, que traduzem a filosofia de operação adotada em cada caso particular. Os conceitos caracterizam os sistemas conhecidos, respectivamente, por «controle supervisório» e por controle digital direto («su-

pervisory digital control» — SDC, e «direct digital control» — DDC).

Dentro dessas classes gerais, os sistemas são acrescidos de funções complementares que definem as facilidades de intercomunicação operador-computador-processo e as garantias básicas requeridas pela segurança operacional do processo; essas funções determinam a interface de computação, a ser preenchida pelo equipamento periférico.

O equipamento periférico deve ser capaz de garantir, de forma fácil e imediata, a comunicação entre sistema e operador, permitindo a qualquer instante a intervenção deste no comando do processo. Deve, igualmente, ser suscetível de adaptar-se a quaisquer ampliações ou modificações futuras do sistema. Da mesma forma, deve ser capaz de aceitar o comando imediato pelo computador ou de admitir a introdução deste em fase futura do programa de operação. Como complementação, o equipamento periférico deve ser suficientemente flexível, de forma que as funções requeridas possam ser atendidas com o menor volume admissível de instrumentação.

As características do equipamento periférico constituem, por conseguinte, fator da maior importância na seleção dos sistemas eletrônicos de controle. A análise dos detalhes específicos que garantam a compatibilidade do equipamento deve ser objeto de estudo criterioso, quer o sistema requeira o comando imediato a computador ou apenas considere o acoplamento deste em futuro não definido.

Nesse sentido, é objetivo deste trabalho examinar os requisitos essenciais exigidos do equipamento periférico face às diferentes condições impostas pelos distintos sistemas normalmente encontrados na prática.

(*) Engenheiro da Divisão de Tratamento da Fischer & Porter do Brasil Contrôles Industriais Ltda.

II. CONTROLE SUPERVISÓRIO

Nos sistemas a controle supervísório a função reclamada do computador consiste essencialmente em determinar o valor desejado de controle («set point» — SP) das estações controladoras automáticas.

A operação do sistema mantém o processo convencional das cadeias analógicas de controle, as quais são dirigidas através do computador digital, programado para comandar individualmente o SP de cada cadeia.

A filosofia do controle supervísório fundamenta-se na segurança geral do processo: a falha do computador, motivo de preocupação particular de todo usuário, resulta apenas em definição incorreta do SP das cadeias analógicas e não na perda geral de controle do processo.

O sistema opera na forma usual das cadeias de controle dotadas de SP remoto. A ação do computador limita-se ao reposicionamento do SP das estações controladoras em conformidade com o programa interno pré-estabelecido. A operação consiste em comandar as estações analógicas através do sinal digital fornecido pelo computador. O comando poderá obedecer a qualquer das funções peculiares do controle analógico: cascata, relação, de tendência ou de constância, com sinal multiplicado, dividido ou pôsto em programa contínuo, conforme a programação do computador.

O sistema admite otimização, definida pelo estabelecimento prévio do programa ótimo para cada cadeia de operação e pela regulagem direta dos parâmetros de controle das estações analógicas associadas.

O controle supervísório reveste-se de limitações básicas que se refletem em alto custo de investimento e reduzida versatilidade do sistema. Cada cadeia de controle exige o emprêgo de pelo menos uma estação analógica associada: o volume do equipamento periférico torna-se elevado, podendo resultar em sistema excessivamente oneroso. No que se refere à versatilidade, o computador tem sua ação limitada apenas à correção do SP das estações analógicas: o desempenho destas dita a eficiência geral do sistema. Caso a estação analógica esteja incorretamente ajustada, nada pode ser realizado pelo computador no sentido de otimização do processo: o computador permanece simplesmente fornecendo para a estação analógica o sinal apropriado de SP, mas não dispõe de acesso ao controle propriamente dito.

Em aditamento, o sistema fica limitado às ações controladoras analógicas convencionais; não é aproveitada a capacidade de processamento do

computador para introdução das técnicas mais avançadas de comando automático: controles adaptivos e antecipatórios.

III. ATUAÇÃO DA ESTAÇÃO ANALÓGICA NO CONTROLE SUPERVISÓRIO

Dois métodos distintos são utilizados para atuação analógicas, promovendo o comando remoto de SP a partir do sinal fornecido pelo computador digital. Os métodos se distinguem, respectivamente, pela atuação por motor de impulsos (MI) ou por amplificador operacional (AO).

A) No sistema atuado por MI, o computador gera um trem de impulsos elétricos sob a forma de fechamentos de contatos. Circuito lógico apropriado promove a conversão do trem de impulsos em sinais discretos de duração finita, distribuindo-os às estações analógicas correspondentes, de acordo com o programa pré-estabelecido. Os sinais são aplicados aos MI, provocando sua rotação em passos uniformes e promovendo, assim, o ajuste dos SP conforme os valores programados a cada instante.

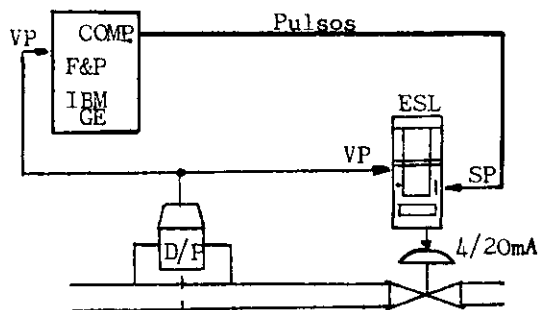


Fig. 1.- Controle supervísório
Atuação por motor de impulsos.

O diagrama esquemático da Fig. 1 representa uma cadeia simples de controle de vazão. O computador recebe o sinal primário representativo do valor do processo, expresso em forma analógica convencional: tensão ou corrente contínua. Devidamente convertido e codificado em forma digital, o sinal é processado de acordo com o programa correspondente, fornecendo o comando de SP da estação controladora de desvio ("Electronic Scan Line" — ESL). A ESL executa a ação controladora convencional, PID, comparando o sinal de processo (VP) com o SP corrigido, posicionado pelo MI, e fornece o sinal de controle normal 4/20mA para a válvula reguladora (VC).

Além da função controladora, a estação ESL fornece a interface completa de computação permitindo a comunicação contínua entre operador e processo: indicação, a cada instante, dos valores da variável de processo, do SP e do sinal de saída para a válvula.

A transferência do sistema para comando analógico direto é processada pela simples comutação da chave C/L (computador/local) montada na própria estação ESL, que interrompe o comando do SP pelo computador; o ajuste subsequente do SP é efetuado normalmente pela chave de regulagem manual. As transferências de controle A/M (automático/manual) são procedidas na forma convencional, comandadas pela chave de transferência e pelo regulador manual da estação ESL. Uma lâmpada de sinalização fornece a indicação de que o sistema está sob comando local ou do computador.

O motor de impulsos, peça integrante da estação ESL, aciona o mecanismo de ajuste do SP, promovendo a sua variação no alcance total da escala com velocidade de apenas 20 segundos para a faixa completa de medição. A variação total é efetuada sob alimentação de 1000 impulsos de comando, correspondendo a resolução de 0,1% do alcance da escala.

O circuito lógico de conversão do trem de impulsos é normalmente fornecido como componente integrante dos computadores digitais de controle de processo. O acoplamento do sistema, nessas condições, é executado de imediato sem necessidade de adaptações ou modificações, quer no computador quer nas estações associadas ESL. Nos casos em que o comando do processo seja entregue a computadores analíticos convencionais estes poderão, via de regra, ser providos dos necessários circuitos lógicos. Alternativamente, o circuito lógico poderá ser fornecido sob forma de circuito impresso modular para montagem plugueada na própria estação ESL.

O sistema de atuação por motor de impulsos é afetado pela restrição importante de incluir partes móveis, desgastáveis pelo uso: motor e potenciômetro de comando do SP, em contraposição aos sistemas de atuação por amplificador operacional, dotados de circuitos integrados de estado sólido.

Como fator positivo, o sistema reveste-se de características de interesse ponderável, capazes de decidir a sua seleção, em confronto com os sistemas de AO:

- menor custo inicial;
- o motor movimentava fisicamente o SP, acionando a escala rotativa da estação

ESL, o que permite a leitura simultânea do valor do processo, do SP e do desvio de controle: o operador tem conhecimento imediato das condições totais do processo.

B) No sistema atuado por AO, o computador gera sinal pulsante através de conversor digital/analógico. Amplificador operacional, em circuito integrado de estado sólido, promove a conversão dos pulsos em sinal contínuo convencional 4/20mA, distribuindo-o às estações ESL correspondentes, de acordo com o programa pré-estabelecido. Uma vez que o sinal é diretamente compatível com as estações ESL, estas são operadas na forma tradicional de controle com SP remoto.

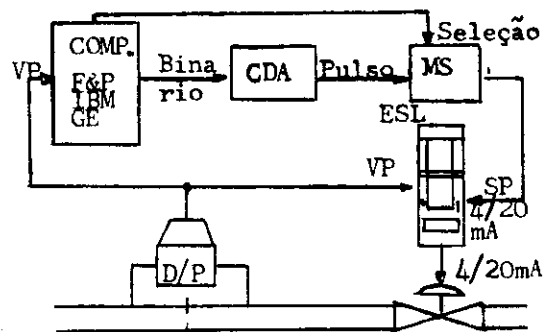


Fig.2- Controle supervisorio.
Atuação por amplificador operacional.

O diagrama esquemático da Fig. 2 representa a mesma cadeia simples de controle de vazão vista anteriormente. O sinal recebido pelo computador, devidamente convertido e codificado em forma digital, é processado de acordo com o programa correspondente, determinando a correção necessária do SP das estações ESL. O sinal binário resultante é dirigido ao conversor digital/analógico (CDA) e, transformado em sinal pulsante de duração uniforme (2-3 milissegundo) e amplitude variável, é aplicado ao módulo de saída (MS). O módulo é dotado de AO de integração e retenção de sinal, capaz de processar o pulso recebido do CDA, juntamente com o sinal seletivo de paridade fornecido pelo computador, gerando sinal proporcional sob a forma analógica convencional 4/20mA. Este é encaminhado à estação ESL correspondente, comandando o SP respectivo em conformidade com o programado pelo computador.

A estação ESL opera na forma usual, com SP remoto comandado pelo sinal contínuo 4/20mA. Não necessita, em consequência, de modificações ou componentes auxiliares para

adaptação ao comando pelo computador. A chave comutadora normal de SP remoto/local executa as funções da chave de transferência C/L. É necessário apenas promover a conexão apropriada da lâmpada de sinalização indicativa do comando por computador.

O módulo de saída é normalmente fornecido como componente integrante do computador; alternativamente poderá ser fornecido em circuito impresso modular para montagem plugueada na estação ESL.

A segurança operacional é garantida pelos AO, dotados de dispositivo de retenção de sinal, de forma que a saída 4/20mA é mantida no intervalo dos pulsos de comando. Nessas condições, como na atuação por MI, a ocorrência de falha do computador não implica na perda do controle: o SP da estação mantém o último valor de comando e o controle da cadeia não se interrompe.

Na eventualidade de falha individual dos módulos de saída, é suficiente comutar as chaves C/L das estações ESL correspondentes, transferindo-as para SP de comando manual.

Os sistemas com atuação por AO revestem-se da vantagem fundamental de serem compostos por dispositivos inteiramente transistorizados, em circuitos integrados de estado sólido. Os circuitos modulares de comando podem constituir parte integrante do computador ou serem acoplados às estações ESL; neste caso, as estações já podem incluir de início os respectivos módulos, ou serem previstas para sua adição futura por simples conexão plugueada, sem modificações ou adaptações posteriores.

IV. CONTROLE DIGITAL DIRETO

Nos sistemas DDC o computador é o próprio agente da ação controladora. O sinal de saída é aplicado diretamente aos mecanismos finais de controle: válvulas ou outros dispositivos servocomandados. Não há intervenção das estações analógicas convencionais; estas só participam do controle, se for o caso, como elementos independentes com funções auxiliares de reserva.

O computador recebe o sinal analógico representativo do processo, aplicado através do módulo de varredura de entrada. No intervalo de tempo determinado pelo período de varredura, o sinal é transferido ao conversor analógico/digital e transformado em sinal binário de valor numérico discreto. O binário alimenta o núcleo de processamento do computador, juntamente com o sinal de paridade respectivo; o sinal de

paridade admite a entrada dos parâmetros de regulação e da função ou algoritmo de controle da cadeia particular que está sendo processada. Os parâmetros de regulação definem o SP desejado e os ganhos pré-fixados das ações controladoras; são comunicados ao computador por intermédio do centro de mesa de comando e armazenados no núcleo de memória, acompanhando o algoritmo de controle correspondente. O núcleo de processamento, de posse da informação completa, computa a correção a aplicar ao servomecanismo para obter a igualdade desejada entre SP e valor do processo.

A correção é fornecida também sob a forma de binário de valor discreto, transformado em sinal analógico pelo conversor de saída D/A. O processamento é idêntico ao já visto no controle supervisório: o conversor produz sinal pulsante de tensão, aplicado juntamente com o sinal de paridade, ao módulo de saída dotado de amplificador operacional. O pulso, de amplitude variável e duração constante, é convertido em sinal analógico contínuo convencional 4/20mA, que opera diretamente a válvula reguladora correspondente.

V. DDC COM SUPORTE ANALÓGICO

Os sistemas DDC puro correspondem a investimento de custo inicial extremamente elevado. A atuação direta dos servomecanismos finais pelo computador impõe a necessidade de dispositivo complexo de auto-verificação da unidade e a manutenção de núcleo de processamento completo de reserva, para garantia da continuidade operacional na falha do computador. O custo inicial do equipamento é praticamente duplicado, tornando-se proibitivo em boa parte dos casos.

Utilizado apenas no início do emprêgo dos computadores digitais de processo, o DDC puro foi rapidamente substituído pelo sistema de comando digital direto com suporte analógico: a função reserva é obtida de sistema analógico auxiliar, fornecendo o comando de emergência das cadeias críticas do processo.

Adicionalmente, o equipamento analógico fornece a interface convencional para o operador.

O diagrama esquemático da Fig. 3 estabelece o método utilizado para introdução do comando auxiliar analógico nos sistemas DDC. O sinal de entrada VP é aplicado simultaneamente à estação ESL e ao computador. Da mesma forma, o sinal analógico 4/20mA fornecido pelo MS é recebido conjuntamente na estação ESL e no servomecanismo de controle. O operador dis-

põe, permanentemente, da indicação do valor do processo e do sinal aplicado à válvula, acompanhando o comportamento do computador. A estação analógica fornece, dessa forma, a interface do sistema, garantindo comunicação completa computador-operador-processo.

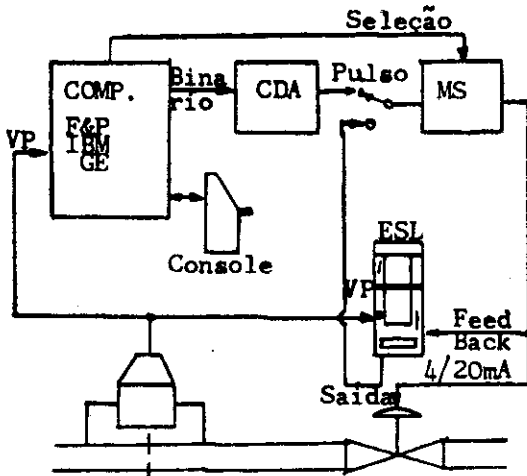


Fig.3- DDC com suporte analógico

Em aditamento, a estação ESL constitui sistema integral de controle auxiliar, capaz de comandar independentemente o processo em substituição ao computador. A transferência de comando DDC para analógico pode ser operada a qualquer instante, manualmente, através da chave C/L da estação ESL. No caso de falha eventual do computador, a comutação se processa automaticamente pela ação imediata do relé de transferência correspondente.

Em comando analógico, o pulso de tensão do conversor D/A fica substituído pelo sinal corretivo fornecido pela estação ESL, o qual é aplicado diretamente ao respectivo MS. O módulo processa normalmente o sinal, fornecendo a saída 4/20mA para acionamento da válvula e alimentação do indicador do sinal de controle.

Optativamente o sinal corretivo da estação ESL pode ser utilizado na forma tradicional do controle analógico, aplicado diretamente à válvula e fechando a cadeia com o MS fora do circuito.

Nessas condições, os dois sistemas formam conjuntos totalmente separados: a estação ESL pode ser removida do circuito enquanto o processo está em DDC; da mesma forma, o MS pode ser simplesmente desligado quando a função de comando está a cargo da estação analógica.

Essa independência de funções estabelece a vantagem essencial do sistema DDC com suporte analógico: o computador e/ou o módulo

de saída podem receber a qualquer momento os cuidados necessários de manutenção ou reparo, com o sistema colocado em comando analógico. Igualmente, com o sistema em DDC, a estação ESL pode ser removida para reparo, substituída por estação de comando manual, etc. Em qualquer caso, o controle automático do processo não sofre interrupção.

VI. ALGORITMO DE CONTROLE

Os sistemas de comando DDC requerem que o computador seja instruído com algoritmo de controle apropriado, definido pela função matemática programada, capaz de executar a ação controladora desejada.

Os computadores específicos de comando de processo, conforme fabricados pelos fornecedores especializados de instrumentação, valem-se de algoritmo de velocidade: a função matemática processa apenas os desvios em relação aos valores pré-fixados dos parâmetros de controle. O computador determina apenas as correções incrementais a aplicar à posição instantânea da válvula, para manter o controle desejado. O pulso de correção fornecido ao módulo de saída representa apenas o incremento para mais ou para menos a ser aplicado à posição atual da válvula. A polaridade do pulso, positiva ou negativa, define os incrementos de abertura ou fechamento, respectivamente. A perda do sinal não significa alteração da posição da válvula e perda da estabilidade do controle.

Os computadores analíticos convencionais empregam algoritmo de posição: a função matemática não processa incrementos e sim determina integralmente o valor absoluto da posição da válvula. Nessas condições, o pulso recebido pelo módulo de saída, tipicamente um sinal 0/10V, representa o curso total da válvula: 0/100%, definindo a posição real a ser assumida a cada instante.

É aparente a vantagem dos sistemas operados com algoritmos de velocidade: não há pulso de correção quando o sistema está em equilíbrio; a transferência de comando computador/analógico pode ser executada de forma mais simples e com menores riscos de perturbação do processo.

VII. ATUAÇÃO DO MÓDULO DE SAÍDA

O módulo de saída é o elemento que retém a responsabilidade de recebendo o pulso representativo da correção processada pelo computador, convertê-lo em sinal analógico proporcional

para promover a saída 4/20mA de comando do processo. A par da conversão, o MS deve ainda determinar a retenção do sinal durante todo o ciclo de varredura do computador, garantindo o comando permanente do processo sem perda de sinal.

Por outra parte, o MS deve ser capaz de aceitar os diferentes tipos de sinais que lhe são comunicados pelos conversores D/A, em conformidade com os sistemas de controle e os algoritmos empregados em cada caso particular. Paralelamente, deve estar apto a receber também o sinal 4/20mA convencional fornecido pela estação ESL quando em comando analógico auxiliar.

O módulo de saída assume, em conseqüência, importância relevante na comunicação computador-processo. O preenchimento das funções que lhe são atribuídas exige máxima flexibilidade operacional, dando-lhe compatibilidade ao computador associado e à característica do processo em que é chamado a intervir.

Nessas circunstâncias, o projeto adequado do MS define a capacidade funcional dos sistemas de instrumentação eletrônica, determinando sua maior ou menor adaptabilidade ao comando a computador, em confronto com as características da unidade que se tem em vista e a filosofia de controle a empregar.

O diagrama de bloco da Fig. 4 apresenta esquematicamente a atuação do MS, conforme a construção utilizada pela Fischer & Porter Co.

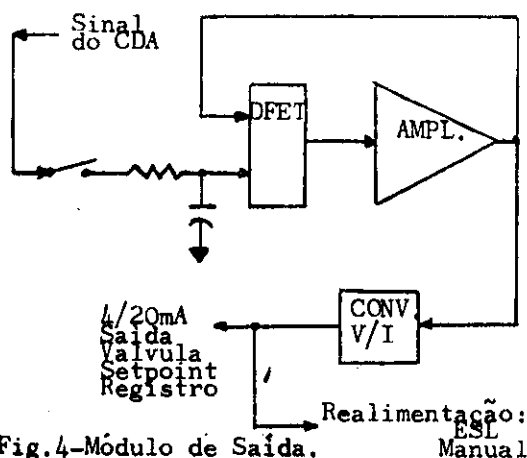


Fig.4-Módulo de Saída.
Diagrama de bloco.

O sinal de tensão ou corrente produzido pelo conversor D/A é aplicado ao MS através da chave seletora de entrada, acionada pelo sinal de paridade fornecido pelo circuito de seleção do computador. Através do resistor de

entrada, o sinal alimenta o capacitor de memória, carregando-o proporcionalmente à amplitude do pulso recebido. O capacitor executa a função de memória do MS, garantindo a retenção do sinal entre pulsos sucessivos, conectado por sistema de alta impedância fornecendo a necessária isolamento para assegurar a não atenuação do sinal memorizado. A isolamento de alta impedância é garantida, na entrada, pela chave seletora, e na saída pela conexão ao transistor de duplo efeito de campo DFET. Dotado de impedância de entrada extremamente elevada, da ordem de 10^{14} ohms, o transistor permite conectar o capacitor ao circuito do amplificador operacional sem descarregá-lo. Nessas condições, a carga do capacitor é mantida durante todo o ciclo de varredura do computador, fornecendo a memória desejada.

A saída do AO realimenta a segunda entrada do DFET, constituindo circuito de tensão equilibrada de baixa impedância. O sistema protege o circuito do sinal de entrada, de alta impedância, contra os efeitos de interferência provocados por ruídos externos. Paralelamente, a saída do AO é aplicada ao conversor V/I, e o sinal de corrente resultante, 4/20mA, fornece o comando direito da válvula ou do SP da estação ESL, conforme se trate de controle DDC ou supervisorio, além de alimentar os eventuais dispositivos de registro (registradores convencionais ou registradores de tendência: «trend recorders», conforme a instalação particular). Tratando-se de comando DDC com suporte analógico, o sinal é aplicado igualmente à estação auxiliar, fornecendo a realimentação da estação ESL. Esta permite a verificação do valor do sinal, no indicador de saída, ao mesmo tempo que o utiliza para carregar o condensador de reposicionamento («reset»), da estação controladora, de forma a estabilizar o comando na transferência entre computador e analógico auxiliar.

O MS, de acordo com a configuração esquematizada, fica capacitado a admitir o acesso de qualquer tipo de sinal de entrada; é suficiente ajustar os valores do resistor de carga e do capacitor de memória para obter a decalagem apropriada do MS. Esses valores determinam a duração e amplitude requeridas do sinal de entrada para produzir o curso total do servomecanismo comandado.

O sinal corretivo produzido pelos computadores de processo, é fornecido pelo conversor de saída D/A, sob a forma de pulsos de tensão, de duração constante e amplitude variável. Nos computadores analíticos, conforme as suas características de processamento, o sinal poderá ser apresentado de forma inversa, em pulsos de amplitude constante e duração variável. Em

qualquer caso, o parâmetro de controle é dado pela área varrida pelo pulso, equivalente à característica de resposta da conexão resistor-capacitor. O ajuste dos valores apropriados para a resistência e capacitância correspondentes permite a calibração adequada do MS em cada caso.

Adicionalmente, no comando DDC com suporte analógico, o controle através da estação ESL auxiliar requer que o MS aceite também o sinal analógico convencional de corrente contínua 4/20mA. Neste caso, os valores de resistência e capacitância do MS são simplesmente ajustados de forma a permitir o rastreamento contínuo do sinal de entrada, fornecendo saída analógica 4/20mA.

VIII. TRANSFERÊNCIA DDC/ANALÓGICO RASTREAMENTO DO SP

Nos sistemas comandados a computador, este comunica diretamente o SP do processo às diferentes cadeias de controle, trata-se de comando supervisorio simples ou de DDC com suporte analógico. A entrada do SP é efetuada pelo operador, a partir do centro ou controle de comando, e o processamento é executado normalmente pelo núcleo de controle do computador. Em sistemas mais sofisticados, computador supervisorio auxiliar pode ser chamado a programar o SP do computador DDC.

A estação analógica associada, como é natural, poderá ter seu SP ajustado em valor distinto daquele comunicado ao computador. Nessas condições, a transferência de comando para analógico irá necessariamente resultar em perturbação momentânea do processo. Para evitar a desregulagem resultante, requer-se que a estação analógica ESL seja dotada de meios para o rastreamento contínuo do processo, reajustando de forma adequada o seu SP.

Na operação convencional dos sistemas DDC com suporte analógico, o sinal de controle 4/20mA é aplicado simultaneamente à válvula e à estação ESL auxiliar. Nesta, o sinal alimenta o indicador de saída, fornecendo a interface computador-operador, ao mesmo tempo que carrega o capacitor de reposicionamento da estação controladora. O capacitor mantém esse sinal durante todo o ciclo de varredura do computador, rastreando o valor da posição da válvula. Paralelamente, o capacitor de memória do MS sustenta também a sua carga; na ocorrência de perda de sinal do computador, o MS mantém o último valor de comando recebido. Nessas condições, o operador pode transferir o comando

para a estação ESL simplesmente ajustando o SP mecânico de acordo com a leitura fornecida pelo indicador de saída e acionando a chave comutadora C/L para a posição local. O sistema estará apto para operar sob controle analógico, automático ou manual, com o mínimo de perturbação do processo. A operação subsequente, automática ou manual, obedece ao comportamento normal das cadeias analógicas, a transferência A/M e vice-versa executada na forma usual de funcionamento das estações ESL.

A natureza dinâmica do processo, todavia, pode ser tal que a intervenção do operador não seja admissível. Nessas circunstâncias, é necessário que a transferência de comando DDC/analógico seja efetuada automaticamente, sem perturbação da regulação do processo. A transferência é executada simplesmente pelo acionamento de relé apropriado, sensibilizado a partir da perda de sinal do computador. A prevenção do choque de transferência, por sua vez, requer que o mecanismo de rastreamento seja capaz de promover o reajuste automático do SP da estação ESL.

O rastreamento automático do SP é processado normalmente segundo dois métodos distintos, que definem a filosofia de operação preferida em cada caso particular:

1. o SP da estação ESL acompanha o SP do computador;
2. o SP da estação ESL acompanha a variável de processo.

Em qualquer dos dois casos, a atuação do SP da estação ESL pode ser indiferentemente executada através de motor de impulsor ou de amplificador operacional, conforme já visto na operação de controle supervisorio.

1. Rastreamento ESL/COMP: o método é análogo à atuação do SP no controle supervisorio; a estação ESL recebe, a cada ciclo de varredura do computador, um sinal corretivo para equivalência dos respectivos SPs. Conforme o mecanismo de atuação, é necessária a adição de circuito lógico-motor de impulsos, ou de módulo de saída-amplificador operacional, segundo se trate de atuação por MI ou por AO. O sistema, neste caso, é mais complexo, requerendo um sinal de saída adicional para cada cadeia rastreada, além do respectivo sinal de realimentação para o computador, representativo do SP analógico. O processamento do computador fica proporcionalmente sobrecarregado e o custo do sistema cresce em correspondência.

2. Rastreamento ESL/PROC: o SP analógico rastreia diretamente a variável de processo; desta forma, enquanto o sistema está em DDC, a estação ESL mantém automaticamente erro nulo. Na perda de sinal do computador, a transferência para comando analógico processa-se com o sistema em equilíbrio, uma vez que o SP da estação ESL iguala a variável de processo. Conforme o mecanismo de atuação do SP, por MI ou por AO, a estação analógica requer a adição de conversor tensão/pulsos-motor de impulsos, ou de módulo de saída-amplificador operacional, recebendo diretamente o sinal 4/20mA da variável de processo e utilizando-o como comando remoto do SP. Ao passar para controle analógico, o circuito de entrada fica em aberto, mantendo o SP da estação ESL igual ao último valor da variável de processo: a mudança de comando efetua-se sem perturbação. O método é simples e menos oneroso que no primeiro caso.

Ambo os sistemas de rastreamento podem apresentar inconvenientes que resultam em problemas operacionais. No rastreamento tipo ESL/COMP o desempenho do computador pode estar eventualmente defeituoso e o controlador, em conseqüência, é atuado pelo sinal de SP incorreto; ao transferir para comando analógico, a cadeia de controle continua na mesma condição defeituosa ditada pelo computador. Da mesma forma, no rastreamento ESL/PROC., os dispositivos de entrada do sinal podem operar defeituosamente, fornecendo ao controlador informação diferente do valor real da variável; a transferência para comando analógico, do mesmo modo que anteriormente, não melhora as condições da cadeia de controle enquanto o SP não for devidamente corrigido.

Em qualquer dessas eventualidades, a transferência automática DDC/ANAL ocorre com divergência entre o SP analógico e o estado atual do processo, resultando em perturbação momentânea do controle, sem melhoria imediata das condições que ditaram mudança do comando.

Dois métodos alternativos podem ser empregados para prevenir o inconveniente representado pelos limitações acima:

- a) O sistema pode ser dotado de dispositivo de bloqueio, mantendo o processo em condição de retenção geral no caso de perda do sinal ou de falha do computador. Nesse caso, todas as válvulas e demais elementos finais de controle são mantidos bloqueados em sua última po-

sição. O operador transfere individualmente as cadeias críticas de controle, passando-as manualmente de DDC para comando analógico.

- b) O sistema transfere automaticamente o controle de DDC para analógico, sem nenhum rastreamento de SP. Nesse caso, as estações ESL permanecem com os respectivos SPs fixos nos valores de segurança previamente estabelecidos; na passagem para analógico, os controladores simplesmente atuam entre o último valor aplicado aos respectivos capacitores de reposicionamento e os novos SPs locais corrigindo o desvio eventual segundo a rampa determinada pela constante de tempo das respectivas ações de controle integral. Evita-se, dessa forma, a perturbação garantindo a transferência automática sem intervenção do operador.

Estes dois últimos arranjos podem ser intercombinados em um sistema geral de controle formando conjunto flexível e funcional e conduzindo a solução mais simples que os sistemas com rastreamento de SP, além de menos onerosos e com desempenho altamente seguro.

IX. TRANSFERENCIA ANALÓGICO/DDC

O sinal de saída do controlador analógico é aplicado diretamente ao MS do computador, atualizando a carga do respectivo capacitor de memória. Dessa forma, a transferência de controle analógico/DDC é efetuada diretamente, sem perturbação do processo, qualquer que seja o estado atual do comando analógico: válvulas em posição bloqueada, controlador em operação automática ou controlador em manual.

O procedimento do operador consiste apenas em eliminar o desvio eventual da estação ESL, ajustando manualmente o SP mecânico local, e então comutar a chave C/L, de comando local para computador.

Como já visto, o SP do computador é alimentado diretamente a partir da mesa de comando, ou através de computador supervisorio auxiliar. O SP das estações analógicas, por conseguinte, pode não estar em concordância com o SP do computador. Na transferência analógico/DDC, o computador deve ser dotado de programa de controle capaz de conduzir o SP ao valor atual da variável de processo, garan-

tindo a passagem de comando direta, sem perturbação brusca e sem a necessidade de refazer o ajuste das constantes de controle do computador.

X. SELEÇÃO DO EQUIPAMENTO

Na especificação da sistema eletrônico de controle, podem deparar-se ao projetista situações distintas, conforme as particularidades de cada caso:

- I — o projeto prevê, desde o início, sistema completo de comando DDC, com suporte analógico parcial ou total;
- II — o projeto prevê sistema completo de controle analógico no estilo convencional; há previsão de adição futura de computador, cujas características dependerão de decisão posterior; o projetista deverá definir a compatibilidade entre o equipamento preliminar e o computador futuro;
- III — o projeto se baseia em computador já existente, próprio ou alugado; o projetista deverá definir o equipamento periférico adequado.

Situação I — O projetista tem plena escolha entre os diversos modelos de computador existentes no mercado; a opção decidirá por modelo analítico convencional adaptado parcialmente para o uso em DDC (IBM-1800, GE-4000, etc.), ou por computador específico de processo conforme os projetados pelos fabricantes de sistemas de controle (Fischer & Porter 3000, Foxboro, Motorola).

As condições particulares do projeto ditarão a escolha da instrumentação periférica, com opção entre atuação por MI ou por AO e entre os vários arranjos de rastreamento do SP. O computador não sendo dotado dos circuitos lógicos de comando do MI ou dos módulos de saída com AO, estes deverão ser providenciados como componentes integrantes das estações ESL.

A extensão e as características do equipamento periférico são determinadas pelas condições dinâmicas do processo e pelos requisitos de segurança exigidos, que definem o volume de comunicação necessária ao operador.

O equipamento poderá incluir: estações controladoras ESL, estações de comando manual para as cadeias não críticas, estações de transferência A/M, geradores de SP, geradores de programa, de proporcionamento, de comando em cascata, de computação soma-subtração, multi-

plicação-divisão, extração de raiz quadrada, estações limitadoras de sinal, seletoras de sinal, conversoras de sinal, estações auxiliares de comando de válvula, estações para registro contínuo ou sequenciado («trend record») ou para indicação simples, etc.

Situação II — O projetista não tem conhecimento prévio das características do computador nem do tipo de comando a ser adotado, supervísório ou DDC. Deverá precaver-se, portanto, selecionando equipamento analógico capaz de aceitar o comando futuro por computador com o mínimo de modificações e de parada dos instrumentos.

O problema é complexo, uma vez que os requisitos exigidos do equipamento analógico variam conforme as características a serem impostas futuramente pelo tipo de comando escolhido.

As distintas condições a considerar podem ser esquematizadas, como segue:«

A) Controle supervísório com atuação por MI: o sistema deverá ser dotado de circuito lógico e de motor de impulsos em cada cadeia de controle. Ambos dispositivos poderão ser fornecidos futuramente, o MI para acoplamento à ESL e o circuito lógico como peça integrante do computador selecionado; no caso de utilização de computador analítico não dotado dos circuitos lógicos, estes deverão ser fornecidos sob a forma de módulos integrados para montagem nas respectivas estações ESL.

As estações ESL terão que ser providas de: chave de transferência C/L, lâmpada de sinalização de comando computador-analógico, terminal de ligações apropriado, bloco de montagem do MI e conector de montagem do circuito lógico modular. Esses detalhes poderão ser providenciados futuramente, com a adaptação adequada das ESL, uma vez removidas para o laboratório ou oficina de reparos apropriada.

A solução mais interessante, todavia, consiste em prever estações ESL já dotadas inicialmente dos dispositivos necessários de adaptação, economizando o tempo de parada para adaptação e os problemas eventuais de montagem e calibração dos componentes necessários.

B) Controle supervísório com atuação por AO: o sistema deverá ser dotado dos MS para cada cadeia de controle, normalmente peças integrantes do computador; a estação ESL, já fornecida de início com SP remoto, não exige modificações essenciais.

Caso o computador não disponha dos MS, estes deverão ser fornecidos sob a forma de módulos integrados para acoplamento às estações

ESL. Nessas condições, estas deverão ser dotadas dos respectivos blocos de montagem, que poderão ser adaptados futuramente ou fornecidos desde o início, para maior facilidade futura.

C) Contrôlo DDC com atuação por MI do suporte analógico: o sistema deverá ser dotado do MI e do conversor V/P; ambos os dispositivos são de fornecimento futuro, o MI para acoplamento à estação ESL e o conversor como peça integrante do computador; caso este não disponha do circuito lógico correspondente, será fornecido como módulo integrado para acoplamento à ESL.

Os requisitos para adaptação da estação ESL são os mesmos exigidos no item «A».

D) Contrôlo DDC com atuação por AO do suporte analógico: o sistema deverá ser dotado dos MS, como visto no item «B».

As estações ESL terão que ser providas de: chave C/L, lâmpada de sinalização, terminal de ligações e conector de montagem do circuito modular MS, dispositivos a serem adaptados futuramente ou fornecidos de início.

E) Rastreamento ESL/COMP: o sistema deverá ser dotado do circuito lógico de comando dos pulsos e do MI para cada cadeia de controle; ambos os dispositivos são de fornecimento futuro, como já visto no item «A», e as estações ESL terão que ser providas dos respectivos terminais de ligações, bloco de montagem do MI e conector de montagem do circuito lógico, iniciais ou futuros.

F) Rastreamento ESL/PROC: o sistema deverá ser dotado de conversor V/P e de MI; as estações ESL deverão ser providas de terminal de ligações, bloco de montagem do MI e conector de montagem do conversor, iniciais ou futuros, como nos demais casos.

O problema fundamental reside em definir quais as adaptações a serem feitas de início nas estações controladoras analógicas, de forma a prepará-las corretamente para compatibilidade com o computador futuro, seja este supervisor ou DDC. Se decidido inicialmente o tipo de atuação, por MI ou por AO, as estações ESL poderão ser fornecidas já com os blocos de montagem correspondentes.

No desconhecimento total do sistema, as estações ESL deverão ao menos ser dotadas das chaves C/L, das lâmpadas de sinalização e dos terminais de ligação, dispositivos requeridos qualquer que seja a opção a ser adotada.

É importante considerar que, em quaisquer circunstâncias, não há necessidade de definir previamente quais as cadeias de controle que irão formar a interface com o computador futuro. É suficiente estimar a porcentagem correspondente, a qual deverá ser adaptada de acordo, uma vez que as estações controladoras poderão, futuramente, ser intercambiadas no campo.

Situação III — A seleção refere-se apenas ao equipamento de interface, que deverá adaptar-se ao computador existente. Este poderá já ser dotado dos módulos de comando: circuito lógico, ou MS, atendendo ao tipo de atuação do sistema. Nessas condições, as estações ESL deverão ser providas apenas dos dispositivos de atuação complementares usuais: chave C/L, lâmpada de sinalização, terminal de ligações, bloco do MI e dispositivo de rastreamento, conforme o caso.

O computador não sendo dotado dos módulos de comando, as estações analógicas serão então fornecidas, complementarmente, com os módulos integrados correspondente.

A seleção do equipamento periférico restringe-se à análise das características normais das estações ESL reclamadas para a instalação particular, desempenho, precisão, facilidade, preço.

XI. EQUIPAMENTO FISCHER & PORTER

A Fischer & Porter Co. foi a primeira fabricante de instrumentos de controle a fornecer equipamento de interface para comando a computador digital, projetando, em 1963, estações analógicas comandadas por computador IBM.

O equipamento atual F&P-ESL reúne a flexibilidade exigida para atender funcionalmente aos sistemas eletrônicos de controle de quaisquer características operacionais; dotado dos requisitos técnicos mais modernos, é compatível com qualquer filosofia de comando desejada.

A linha F&P-ESL compreende família completa de instrumentos miniaturizados eletrônicos com circuitos integrados modulares, os quais se revestem de características fundamentais como seguem:

- construção padronizada intercambial 3 × 6".
- montagem compacta de alta densidade com alinhamento horizontal e/ou vertical.
- alta impedância de entrada.

- conexão paralela.
- alimentação geral de baixo nível de tensão 24V-cc.
- ligação bifilar geral.
- segurança intrínseca geral do sistema.
- compatibilidade total ao comando por computador.

Adicionalmente, a F&P fabrica o seu próprio computador digital Série 3000, específico para controle de processo, com comando supervisorio ou DDC e aceitando qualquer tipo de rastreamento.

Na interface com computadores de terceiros, o equipamento periférico F & P tem sido utilizado extensivamente, fornecendo a interface para unidades IBM-1800 e GE-4000, e é compatível a qualquer outro modelo de computador.

As estações analógicas F&P-ESL podem operar com atuação do MI ou por AO, executando os rastreamentos típicos e as versões opcionais de segurança conforme selecionado em cada aplicação particular.

A construção toda especial do MS, dotado do amplificador operacional e respectivo capacitor de memória, com recondução do sinal de saída ESL, empresta flexibilidade única ao sistema F&P, possibilitando a remoção do circuito modular MS, sem interferência com o controle analógico. Inversamente, se a cadeia está operando em DDC, a estação ESL pode ser removida, sem perturbar o controle pelo computador. Permite-se, dessa forma, a substituição do equipamento para atender aos cuidados normais de manutenção ou de reparo, com o sistema em funcionamento e sob garantia de disponibilidade permanente das cadeias de controle automático.

Na previsão de adaptação futura ao comando por computador, a estação analógica F&P-ESL pode ser dotada, desde o início, do bloco de montagem e demais dispositivos complementares, trata-se de comando supervisorio ou de DDC, com atuação por MI ou por AO. Se for o caso, os componentes poderão ser adicionados futuramente, com adaptação da unidade ESL convencional na medida reclamada pelas circunstâncias.

Melhor ainda, a estação analógica pode ser fornecida com flexibilidade total, aceitando indiferentemente qualquer atuação ou tipo de controle futuro. O modelo constitui o «controlador universal para comando por computador» — F&P Universal Computer Controller».

XII. UNIVERSAL COMPUTER CONTROLLER

Grande parte dos sistemas eletrônicos de controle, como referido anteriormente, tem em vista sua compatibilidade com o comando por computador. Em boa porcentagem das aplicações, como mencionado igualmente de início, os sistemas são desenvolvidos com a intenção de introduzir o computador de controle apenas em data futura.

Nessas condições, a instrumentação é especificada e instalada sem conhecimento-básico do tipo de controle a que deverá adatar-se futuramente. Já foi visto que os requisitos de interface diferem substancialmente, conforme se refiram a DDC ou controle supervisorio, bem como em decorrência do tipo de atuação do sistema.

Em consequência, assume importância fundamental a possibilidade de selecionar equipamento capaz de operar com sistemas convencionais de controle analógico e que, ademais, possa ser facilmente convertido para controle por computador, seja supervisorio ou DDC, mediante a adição de circuitos modulares para montagem por simples encaixe plugueado.

O «Universal Computer Controller» — UCC, atende a esses requisitos, reunindo as vantagens essenciais:

- durante o período inicial de operação, o sistema dispõe de um controlador analógico completo, com todos os componentes exigidos para o comando convencional pelo operador.
- na conversão futura, o controlador é prontamente adaptado no campo, apto para operar indiferentemente com comando supervisorio ou DDC.
- sob o ponto de vista do investimento inicial, não é necessário definir de pronto o tipo de comando a ser adotado futuramente; não há o risco de preparar o sistema para um tipo de operação que, ao final, venha a mostrar não ser o melhor indicado.

O UCC compreende a estação controladora analógica F&P-ESL convencional, da Série 53EL3000, munida dos dispositivos requeridos para receber o motor de impulsos ou o circuito modular de atuação, conforme a necessidade da aplicação: constituem componentes integrantes do instrumento:

- fiação interna e terminal de ligações.
- conector de encaixe com circuito modular «morto».

- bloco de montagem do motor de impulsos.
- chave C/L e lâmpada de sinalização.
- árvore de transmissão do motor de impulsos.

A conversão do controlador exige apenas o acoplamento, no campo, do motor de impulsos e do circuito lógico modular, no caso de comando supervisorio, ou do circuito modular com amplificador operacional, se o comando for DDC.

Da mesma forma, nenhuma modificação é exigida para dotar os controladores de sistema

de rastreamento automático. É suficiente proceder à montagem do motor de impulsos e conectar o respectivo circuito lógico, para obter o rastreamento ESL/COMP.

Por sua vez, a simples substituição do circuito lógico, pelo conversor V/P, permite dotar o sistema de rastreamento do tipo ESL/PROC.

A conversão é executada no campo, sem necessidade de remoção do equipamento e conseqüentes sobrecarga do sistema de controle. O instrumento reúne a flexibilidade exigida para perfeita compatibilidade com o comando por computador.