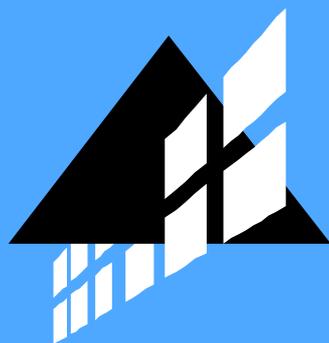

Manual de Utilização da Função PID de 100 Laços (AL-2752) para AL-2005

Rev. B 07/2009
Cód. Doc.: MU200010



altus

Nenhuma parte deste documento pode ser copiada ou reproduzida sem o consentimento prévio e por escrito da Altus Sistemas de Informática S.A., que se reserva o direito de efetuar alterações sem prévio comunicado.

Conforme o Código de Defesa do Consumidor vigente no Brasil, informamos, a seguir, aos clientes que utilizam nossos produtos aspectos relacionados com a segurança de pessoas e instalações.

Os equipamentos de automação industrial fabricados pela Altus são robustos e confiáveis devido ao rígido controle de qualidade a que são submetidos. No entanto, equipamentos eletrônicos de controle industrial (controladores programáveis, comandos numéricos, etc.) podem causar danos às máquinas ou processos por eles controlados em caso de defeito em suas partes e peças ou de erros de programação ou instalação, podendo inclusive colocar em risco vidas humanas.

O usuário deve analisar as possíveis conseqüências destes defeitos e providenciar instalações adicionais externas de segurança que, em caso de necessidade, sirvam para preservar a segurança do sistema, principalmente nos casos da instalação inicial e de testes.

Os equipamentos fabricados pela Altus não trazem riscos ambientais diretos, não emitindo nenhum tipo de poluente durante sua utilização. No entanto, no que se refere ao descarte dos equipamentos, é importante salientar que quaisquer componentes eletrônicos incorporados em produtos contêm materiais nocivos à natureza quando descartados de forma inadequada. Recomenda-se, portanto, que quando da inutilização deste tipo de produto, o mesmo seja encaminhado para usinas de reciclagem que dêem o devido tratamento para os resíduos.

É imprescindível a leitura completa dos manuais e/ou características técnicas do produto antes da instalação ou utilização do mesmo.

A Altus garante os seus equipamentos conforme descrito nas Condições Gerais de Fornecimento, anexada às propostas comerciais.

A Altus garante que seus equipamentos funcionam de acordo com as descrições contidas explicitamente em seus manuais e/ou características técnicas, não garantindo a satisfação de algum tipo particular de aplicação dos equipamentos.

A Altus desconsiderará qualquer outra garantia, direta ou implícita, principalmente quando se tratar de fornecimento de terceiros.

Pedidos de informações adicionais sobre o fornecimento e/ou características dos equipamentos e serviços Altus devem ser feitos por escrito. A Altus não se responsabiliza por informações fornecidas sobre seus equipamentos sem registro formal.

DIREITOS AUTORAIS

Série Ponto, MasterTool, Quark, ALNET e WebPlc são marcas registradas da Altus Sistemas de Informática S.A.

Windows NT, 2000 e XP são marcas registradas da Microsoft Corporation.

Sumário

1. <u>INTRODUÇÃO</u>	1
<u>Documentos Relacionados a este Manual</u>	1
<u>Inspecção Visual</u>	1
<u>Suporte Técnico</u>	2
<u>Mensagens de Advertência Utilizadas neste Manual</u>	2
2. <u>DESCRIÇÃO TÉCNICA</u>	3
<u>Principais Características da Aplicação PID para AL-2005</u>	3
<u>Características e Limitações de NPID100.EXE</u>	3
<u>Número de Laços</u>	3
<u>AL-2005 Exclusivo para NPID100.EXE</u>	3
<u>Sample Time (DT) e Uso de Temporizadores ou Módulo E018</u>	3
<u>Revisões de Software de Produtos Relacionados</u>	4
<u>Modelo de Funcionamento de um Laço PID</u>	4
<u>Conceitos e Símbolos Básicos</u>	4
<u>Variáveis de Entrada e Saída Principais</u>	6
<u>Parâmetros</u>	6
<u>Variáveis de Estado</u>	6
<u>O Cálculo do Erro</u>	7
<u>O Cálculo do Termo Proporcional</u>	7
<u>O Cálculo do Termo Derivativo</u>	7
<u>Comportamento do Termo Derivativo na Inicialização</u>	7
<u>Comportamento do Termo Derivativo em Switchovers de CPs Redundantes</u>	7
<u>O Cálculo do Termo Integral (Primeira Etapa)</u>	8
<u>Comportamento do Termo Integral na Inicialização</u>	8
<u>Comportamento do Termo Integral em Switchovers de CPs Redundantes</u>	8
<u>Cálculo da Saída MV (Primeira Etapa)</u>	8
<u>Cálculo da Saída MV (Segunda Etapa)</u>	8
<u>Comportamento do Cálculo de MV (Segunda Etapa) na Inicialização</u>	9
<u>Comportamento do Cálculo de MV (Segunda Etapa) em Switchovers de CPs Redundantes</u>	9
<u>Cálculo da Saída MV (Terceira Etapa)</u>	9
<u>Cálculo do Termo Integral (Segunda Etapa)</u>	9
<u>Entradas e Saídas Analógicas Físicas</u>	9
3. <u>CONFIGURAÇÃO</u>	11
<u>Descrição Detalhada dos Operandos de Interface entre AL-2005 e UCP para cada Laço PID</u>	11
<u>Variável de Processo (PVsnn)</u>	11
<u>Variável Manipulada (MVsnn)</u>	12
<u>Setpoint (SPsnn)</u>	12
<u>Saída em Manual (VMANsnn)</u>	12
<u>Ganho Proporcional (KPsnn)</u>	13
<u>Tempo Integral (TINsnn)</u>	13
<u>Tempo Derivativo (TDEsnn)</u>	13
<u>Offset (BIASsnn)</u>	14
<u>Valor Máximo da Variável de Processo (PVMXsnn)</u>	14
<u>Valor Mínimo da Variável de Processo (PVMNsnn)</u>	15
<u>Valor Máximo da Saída Manipulada (MVMXsnn)</u>	16

Valor Mínimo da Saída Manipulada (MVMNsnn)	16
Variação Máxima da Saída Manipulada (VRMXsnn)	16
Banda Morta (DEADsnn)	17
Modo Manual (MMANsnn)	17
Controle Direto (CDIRsnn)	17
Inibição do Laço (INLCsnn)	18
Inibição do Termo Proporcional (INPRsnn)	18
Inibição do Termo Integral (ININsnn)	18
Inibição do Termo Derivativo (INDESnn)	19
Termo Derivativo em Função do Erro (DEERsnn)	19
Cópia de PVsnn para SPsnn em Modo Manual (COPSpnn)	19
Cópia de MVsnn para VMANsnn em Modo Automático (COMVsnn)	20
Alarme de Overrange (OVERsnn)	20
Alarme de Underrange (UNDRsnn)	20
Código de Erro Fatal em Entradas do Laço (CDE0snn..CDE3snn)	21
Laço fora de Execução (SUSPsnn)	21
Termo Integral Floating Point – Parte Low (TINLsnn)	22
Termo Integral Float – Parte High (TINHsnn)	22
Descrição Detalhada dos Operandos Gerais de NPID100.EXE	22
Estado da Configuração (STCNFs)	23
Contador de Execuções (CNTEXEs)	24
Sample Time Médio (DTMEDs)	24
Sample Time Instantâneo (DTINSTs)	24
CP Ativo Controlando NPID100.EXE (ATVPIDs)	24
Habilita Execução de NPID100.EXE (HABPIDs)	25
Estruturas de Dados no CP	26
Tabela de Configuração	26
Bloco 1 de Operandos %M	26
Bloco 2 de Operandos %M	26
Bloco 3 de Operandos %M	27
Instalação de NPID100.EXE no AL-2005	28
4. RECOMENDAÇÕES PARA A APLICAÇÃO LADDER	29
Operandos %M Retentivos	29
Inicialização de Operandos	29
Tarefas Cíclicas	30
Tarefas Cíclicas Principais e Módulos de Ladder Associados	30
Ciclos Regulares Desnecessários	30
Intervalo Máximo entre Ciclos	30
Módulo P-PIDINT.xxx	31
Módulo P-PIDCOM.yyy	33
Chamadas de P-PIDINT.xxx e P-PIDCOM.xxx	38
Chamadas em CPs sem Redundância	38
Chamadas em CPs com Redundância	38
Análise de Performance de um Sistema com NPID100.EXE	39
Tempo de Ciclo do AL-2004	39
Tempos do AL-2005	40

1. Introdução

A função PID AL-2752 é um aplicativo (NPID100.EXE) para o processador AL-2005 que executa até 100 laços de controle PID (Proporcional, Integral, Derivativo). Ela libera a UCP principal do CP (AL-2004) do processamento dos laços de controle PID, permitindo a execução simultânea de múltiplos laços de controle com redução significativa do tempo de ciclo de execução do controlador programável (CP).

Documentos Relacionados a este Manual

Para obter informações adicionais sobre a função PID AL-2752 podem ser consultados outros documentos (manuais e características técnicas) além deste. Estes documentos encontram-se disponíveis em sua última revisão em www.altus.com.br.

Cada produto possui um documento denominado Característica Técnica (CT), onde se encontram as características do produto em questão. Adicionalmente o produto pode possuir Manuais de Utilização (os códigos dos manuais são citados na CT).

Por exemplo, o módulo de saída PO2022 tem todas as informações de características de utilização e de compra na sua CT. Por outro lado, a Cabeça Profibus PO5063 possui, além da CT, um manual de utilização.

Aconselha-se o seguinte documento como fonte de informação adicional:

- Características Técnicas da Função PID de 100 Laços (AL-2752) para AL-2005

Inspeção Visual

Antes de proceder à instalação, é recomendável fazer uma inspeção visual cuidadosa dos equipamentos, verificando se não há danos causados pelo transporte. Verifique se todos os componentes de seu pedido estão em perfeito estado. Em caso de defeitos, informe a companhia transportadora e o representante ou distribuidor Altus mais próximo.

CUIDADO:

Antes de retirar os módulos da embalagem, é importante descarregar eventuais potenciais estáticos acumulados no corpo. Para isso, toque (com as mãos nuas) em uma superfície metálica aterrada qualquer antes de manipular os módulos. Tal procedimento garante que os níveis de eletricidade estática suportados pelo módulo não serão ultrapassados.

É importante registrar o número de série de cada equipamento recebido, bem como as revisões de software, caso existentes. Essas informações serão necessárias caso seja preciso contatar o Suporte Técnico da Altus.

Suporte Técnico

Para entrar em contato com o Suporte Técnico da Altus em São Leopoldo, RS, ligue para +55-51-3589-9500. Para conhecer os centros de Suporte Técnico da Altus existentes em outras localidades, consulte nosso site (www.altus.com.br) ou envie um email para altus@altus.com.br.

Se o equipamento já estiver instalado tenha em mãos as seguintes informações ao solicitar assistência:

- os modelos dos equipamentos utilizados e a configuração do sistema instalado;
- o número de série da UCP;
- a revisão do equipamento e a versão do software executivo, constantes na etiqueta afixada na lateral do produto;
- as informações sobre o modo de operação da UCP, obtidas através do programador MasterTool;
- o conteúdo do programa aplicativo (módulos), obtido através do programador MasterTool;
- a versão do programador utilizado.

Mensagens de Advertência Utilizadas neste Manual

Neste manual, as mensagens de advertência apresentarão os seguintes formatos e significados:

PERIGO:

Relatam causas potenciais, que se não observadas, *levam* a danos à integridade física e saúde, patrimônio, meio ambiente e perda da produção.

CUIDADO:

Relatam detalhes de configuração, aplicação e instalação que *devem* ser seguidos para evitar condições que possam levar a falha do sistema e suas conseqüências relacionadas.

ATENÇÃO:

Indicam detalhes importantes de configuração, aplicação ou instalação para obtenção da máxima performance operacional do sistema.

2. Descrição Técnica

Este capítulo apresenta as características técnicas do produto AL-2752, abordando as partes integrantes do sistema, sua arquitetura e características gerais.

Principais Características da Aplicação PID para AL-2005

As principais características da aplicação NPID100.EXE são resumidas a seguir:

- Execução de até 100 laços PID em cada processador AL-2005.
- Resolução de entrada (PV) e saída (MV) de -30000 a $+30000$, compatível com os novos módulos analógicos da Série Ponto.
- Otimizada para uso em CPs redundantes (AL-2004 com coprocessador AL-2017).
- Comunicação otimizada entre UCP AL-2004 e processador AL-2005
- Especificação desnecessária do “DT” (sample time), podendo-se utilizar tempos de ciclo variáveis e irregulares. Não é necessário utilizar o módulo de interrupção de tempo E018 ou temporizadores para disparo da função PID.
- Modificação de parâmetros sem necessidade de reconfigurar o AL-2005.
- Uso exclusivo de operandos %M, com exceção da tabela de configuração do tipo %TM.

Características e Limitações de NPID100.EXE

Número de Laços

A aplicação NPID100.EXE pode executar até 100 laços PID.

AL-2005 Exclusivo para NPID100.EXE

Um AL-2005 deve ser dedicado a executar apenas uma aplicação NPID100.EXE. Nenhuma outra aplicação deve ser carregada neste AL-2005 para garantir um tempo de resposta adequado. Caso se deseje mais do que 100 laços PID, pode-se utilizar outros processadores AL-2005, com aplicações NPID100.EXE adicionais.

Sample Time (DT) e Uso de Temporizadores ou Módulo E018

Em implementações anteriores da função PID, tanto em módulos F como para o AL-2005, o usuário necessitava configurar o parâmetro DT (sample time) dos laços PID, e além disso deveria solicitar a execução da função PID com o período DT, utilizando-se de temporizadores ou do módulo E018.

Em NPID100.EXE, isto é desnecessário. A aplicação mede o tempo decorrido entre o ciclo atual e o ciclo anterior dos laços com precisão de 1 ms e sem acúmulo de erro, e utiliza este tempo no cálculo dos termos derivativo e integral, e para limitação de variação da saída. Desta maneira, é possível ter DTs irregulares entre ciclos consecutivos.

Entretanto, é fundamental garantir que a período máximo de controle PID tenha um valor máximo adequado para o processo mais crítico sendo controlado. Para que um processo com constante de tempo τ em malha aberta seja controlado com sucesso, normalmente é suficiente que o período máximo seja menor do que um décimo de τ . Maiores detalhes sobre este tema, e estratégias para cumprir este requisito, podem ser obtidos no capítulo *Recomendações para a Aplicação Ladder*.

Revisões de Software de Produtos Relacionados

A aplicação NPID100.EXE necessita que os seguintes produtos tenham revisões de software iguais ou mais recentes do que as citadas a seguir:

- AL-2004: V3.02
- AL-2005: V3.00 (F-2005.016: V1.12)
- AL-2017: V1.02 (F-2017.027: V1.02), quando utilizada em CPs redundantes.

Modelo de Funcionamento de um Laço PID

Conceitos e Símbolos Básicos

Para as discussões seguintes, alguns conceitos e símbolos básicos serão estabelecidos:

- [i]: índice que designa variáveis do ciclo atual de NPID100.EXE
- [i-1]: índice que designa variáveis do ciclo anterior ao ciclo “i” de NPID100.EXE
- [i-2]: índice que designa variáveis do ciclo anterior ao ciclo “i-1” de NPID100.EXE
- [i-3]: índice que designa variáveis do ciclo anterior ao ciclo “i-2” de NPID100.EXE
- DT[i-1]: intervalo de tempo (ou sample time) medido entre os ciclos “i-1” e “i” de NPID100.EXE
- DT[i-2]: intervalo de tempo (ou sample time) medido entre os ciclos “i-2” e “i-1” de NPID100.EXE
- DT[i-3]: intervalo de tempo (ou sample time) medido entre os ciclos “i-3” e “i-2” de NPID100.EXE
- MV: variável manipulada calculada pelo laço PID, e tipicamente copiada para uma saída analógica que irá controlar uma válvula
- PV: variável de processo, tipicamente lida a partir de uma entrada analógica ligada a um transmissor
- SP: setpoint da variável de processo. O objetivo do laço PID é igualar PV a SP, controlando a válvula através de MV.
- TRMP: termo proporcional do laço PID
- TRMI: termo integral do laço PID
- TRMD: termo derivativo do laço PID
- BIAS: bias, offset ou deslocamento do laço PID
- KP: ganho proporcional do laço PID
- TIN: tempo integral do laço PID
- TDE: tempo derivativo do laço PID
- MVMX: limite de valor máximo para MV
- MVMN: limite de valor mínimo para MV
- VRMX: variação máxima permitida em MV a cada 100 ms
- E: erro = SP – PV. O objetivo do laço PID é zerar E
- CDIR: informa se o laço PID tem controle direto (1) ou reverso (0)
- DEAD: zona morta ou deadband do erro
- SE: sinal do erro, que depende do controle ser direto (-1) ou reverso (+1)
- DEER: informa se o laço PID calcula o termo derivativo em função do erro (1) ou da variável de processo (0)
- INPR: inibe o termo proporcional do laço
- ININ: inibe o termo integral do laço
- INDE: inibe o termo derivativo do laço
- MMAN: seleciona o modo do laço em manual (1) ou automático (0)
- VMAN: valor forçado em MV em modo manual

A figura seguinte mostra um diagrama de blocos de um laço PID controlado por NPID100.EXE. Maiores detalhes sobre o comportamento dos blocos que constituem esta figura serão fornecidos nas seções seguintes.

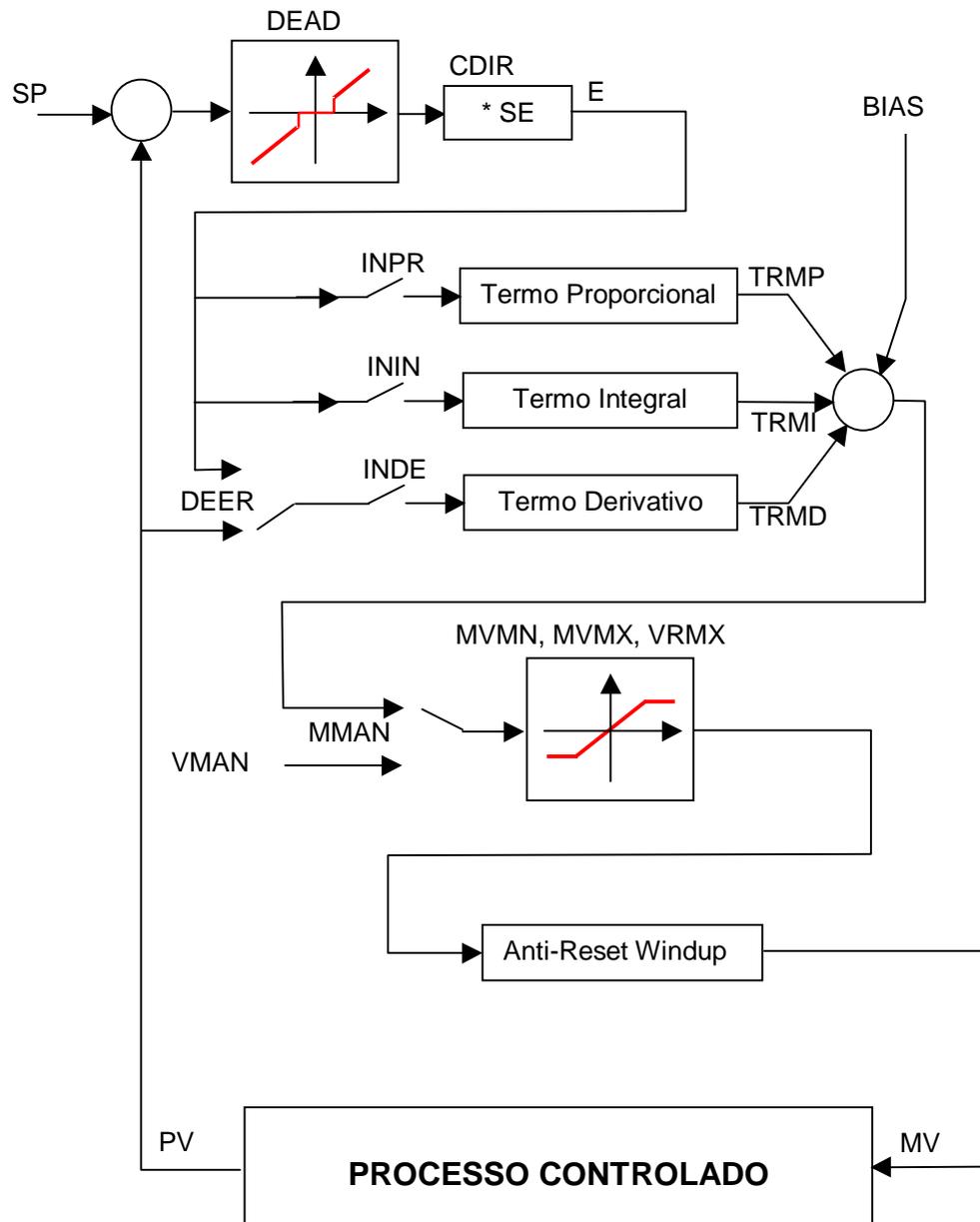


Figura 2-1. Blocodiagrama de NPID100.EXE

Variáveis de Entrada e Saída Principais

Um laço PID possui as seguintes variáveis de entrada principais:

- PV
- SP
- VMAN
- MMAN

Além disso, possui uma variável de saída principal:

- MV

Parâmetros

Um laço PID possui diversos parâmetros que tipicamente variam muito pouco, embora seja possível reprogramá-los em alguns casos. São considerados parâmetros:

- BIAS (em alguns casos, pode ser considerada uma variável de entrada, quando é um valor variável calculado por outro processo para efeito de “feed-forward”).
- KP
- TIN
- TDE
- MVMX
- MVMN
- VRMX
- CDIR
- DEAD
- DEER
- INPR
- ININ
- INDE

Variáveis de Estado

Um laço PID é um processo realimentado, que contém variáveis de estado. Variáveis de estado são aquelas cujo valor em ciclos anteriores (i-1, i-2 ou i-3) influenciam os valores calculados para o ciclo atual (i).

As seguintes variáveis de estado são identificadas para o laço PID em NPID100.EXE:

- DT[i-1]
- DT[i-2]
- DT[i-3]
- TRMI[i-1]
- MV[i-1]
- PV[i-1], caso DEER = 0
- PV[i-2], caso DEER = 0
- PV[i-3], caso DEER = 0
- E[i-1], caso DEER = 1
- E[i-2], caso DEER = 1
- E[i-3], caso DEER = 1

Nas seções seguintes, ficará clara a influência destas variáveis de estado nos cálculos do ciclo atual “i”.

O Cálculo do Erro

O erro E é calculado inicialmente pela equação:

$$E[i] = SP[i] - PV[i]$$

Em seguida, se o valor absoluto de E for menor do que DEAD, E é zerado.

O terceiro passo é inverter o sinal de E caso o controle seja direto (CDIR = 1).

O Cálculo do Termo Proporcional

O termo proporcional é calculado de forma simples:

$$TRMP[i] = KP * E[i]$$

Além disso, o termo proporcional é considerado nulo se INPR = 1.

O Cálculo do Termo Derivativo

O termo derivativo pode ser calculado através de duas maneiras alternativas, em função de DEER.

Caso DEER = 1 (termo derivativo em função do erro):

$$TRMD[i] = KP * TDE * (E[i] - E[i-3]) / (DT[i-1] + DT[i-2] + DT[i-3])$$

Caso DEER = 0 (termo derivativo em função da variável de processo):

$$TRMD[i] = KP * TDE * (PV[i-3] - PV[i]) / (DT[i-1] + DT[i-2] + DT[i-3])$$

Além disso, o termo derivativo é considerado nulo se INDE = 1.

Comportamento do Termo Derivativo na Inicialização

Observa-se que o termo derivativo é calculado ao longo de 4 ciclos consecutivos, para efeito de filtragem de eventuais ruídos na variável de processo (e conseqüentemente no erro).

Por isso, na inicialização, o termo derivativo só pode ser calculado a partir do quarto ciclo. Nos 3 primeiros ciclos após a inicialização, o termo derivativo é nulo.

Comportamento do Termo Derivativo em Switchovers de CPs Redundantes

A filtragem ao longo de 4 ciclos consecutivos tem como efeito a necessidade de definir diversas variáveis de estado, já mencionadas anteriormente:

- DT[i-1]
- DT[i-2]
- DT[i-3]
- PV[i-1], caso DEER = 0
- PV[i-2], caso DEER = 0
- PV[i-3], caso DEER = 0
- E[i-1], caso DEER = 1
- E[i-2], caso DEER = 1
- E[i-3], caso DEER = 1

Para evitar que tais variáveis de estado tivessem de ser alocadas em operandos do CP, que além disso deveriam ser redundantes, elas foram mapeadas em variáveis internas do AL-2005.

Desta forma, ao ocorrer um switchover de redundância, assume-se o mesmo comportamento da inicialização, isto é, o termo derivativo permanece em zero nos 3 primeiros ciclos, e começa a ser calculado normalmente a partir do quarto ciclo.

O Cálculo do Termo Integral (Primeira Etapa)

O termo integral pode demandar várias etapas para ser calculado. A primeira etapa é executada pela seguinte equação:

$$\text{TRMI}[i] = \text{TRMI}[i-1] + \text{KP} * \text{E}[i] * \text{DT}[i-1] / \text{TIN}$$

Além disso, o termo integral é considerado nulo se $\text{ININ} = 1$.

Comportamento do Termo Integral na Inicialização

As variáveis de estado $\text{TRMI}[i-1]$ e $\text{DT}[i-1]$ são desconhecidas no primeiro ciclo, e atribui-se valor zero às mesmas. Portanto, $\text{TRMI}[i]$ será nulo no primeiro ciclo.

Comportamento do Termo Integral em Switchovers de CPs Redundantes

Em CPs redundantes, $\text{TRMI}[i-1]$ é um operando redundante alocado no CP. Por outro lado, $\text{DT}[i-1]$ é armazenado como variável interna do AL-2005.

No primeiro ciclo após um “switchover”, $\text{DT}[i-1]$ é considerado nulo, e $\text{TRMI}[i]$ é calculado como:

$$\text{TRMI}[i] = \text{TRMI}[i-1]$$

A partir do segundo ciclo, a equação normal volta a ser utilizada:

$$\text{TRMI}[i] = \text{TRMI}[i-1] + \text{KP} * \text{E}[i] * \text{DT}[i-1] / \text{TIN}$$

Cálculo da Saída MV (Primeira Etapa)

Caso o modo automático esteja selecionado ($\text{MMAN} = 0$), a primeira etapa do cálculo de MV é:

$$\text{MV}[i] = \text{TRMP}[i] + \text{TRMI}[i] + \text{TRMD}[i] + \text{BIAS}$$

Caso o modo manual esteja selecionado ($\text{MMAN} = 1$), a primeira etapa do cálculo de MV é:

$$\text{MV}[i] = \text{VMAN}[i]$$

Cálculo da Saída MV (Segunda Etapa)

A segunda etapa é aplicar o limite de variação na saída, conforme o parâmetro VRMX . Caso VRMX seja menor ou igual a zero, a limitação de variação na saída está desabilitada.

Quando VRMX é maior do que zero, deve-se impor o seguinte limite:

$$\text{valor_absoluto}(\text{MV}[i] - \text{MV}[i-1]) / \text{DT}[i-1] \leq \text{VRMX} / 0,1 \text{ ou}$$

$$\text{valor_absoluto}(\text{MV}[i] - \text{MV}[i-1]) \leq 10 * \text{VRMX} * \text{DT}[i-1]$$

Observa-se que o limite de variação VRMX está associado a um tempo de 0.1 segundos (100 ms).

Esta limitação pode ser traduzida pelas equações:

$$\text{Se } (\text{MV}[i] - \text{MV}[i-1]) > 10 * \text{VRMX} * \text{DT}[i-1]: \text{MV}[i] = \text{MV}[i-1] + 10 * \text{VRMX} * \text{DT}[i-1]$$

$$\text{Se } (\text{MV}[i] - \text{MV}[i-1]) < -10 * \text{VRMX} * \text{DT}[i-1]: \text{MV}[i] = \text{MV}[i-1] - 10 * \text{VRMX} * \text{DT}[i-1]$$

Comportamento do Cálculo de MV (Segunda Etapa) na Inicialização

No primeiro ciclo, as variáveis MV[i-1] e DT[i-1] são desconhecidas. Portanto, no primeiro ciclo, não há limitação devido à VRMX.

Comportamento do Cálculo de MV (Segunda Etapa) em Switchovers de CPs Redundantes

Em CPs redundantes, MV[i-1] e DT[i-1] são armazenados como variáveis internas do AL-2005.

No primeiro ciclo após um “switchover”, DT[i-1] é desconhecido, e portanto não haverá limitação devido à VRMX.

Cálculo da Saída MV (Terceira Etapa)

A terceira etapa consiste em aplicar os limites mínimo e máximo na saída, conforme os parâmetros MVMN e MVMX.

Se $(MV[i] > MVMX)$: $MV[i] = MVMX$

Se $(MV[i] < MVMN)$: $MV[i] = MVMN$

Cálculo do Termo Integral (Segunda Etapa)

A segunda etapa do cálculo do termo integral é conhecida também como “anti-reset windup”.

Em modo automático, o objetivo desta etapa é evitar que o termo integral continue integrando o erro quando o MV está saturado, seja em MVMN, seja em MVMX. Quando a saturação de MV ocorre, o valor TRMI[i] não varia, ou seja, assume o valor do ciclo anterior (TRMI[i-1]), conforme o seguinte algoritmo:

Se $(MV = MVMN$ ou $MV = MVMX)$

$$TRMI[i] = TRMI[i-1]$$

Em modo manual, em princípio, o termo integral não precisaria ser calculado. No entanto, é importante que ele seja calculado em modo manual, para viabilizar um posterior chaveamento ao modo automático sem descontinuidades. Quando o usuário deseja uma transição de manual para automático sem descontinuidades, ele ativa o flag COPSnn. Isto provoca a cópia de PVsnn sobre SPsnn em modo manual, evitando que um novo SP seja buscado assim que o laço voltar para automático. Mas não basta copiar PV sobre SP para evitar tais descontinuidades. Além disso, é necessário continuar atualizando o termo integral em modo manual, de acordo com a equação:

$$TRMI[i] = MV[i] - BIAS[i]$$

Por este motivo, a equação anterior será aplicada em modo manual em qualquer situação (com COPSnn ativo ou não). Se COPSnn estiver inativo, o valor do termo integral calculado em manual também pode assumir o valor da equação anterior, sem problemas.

Entradas e Saídas Analógicas Físicas

Normalmente, cada laço PID tem uma entrada analógica que corresponde à variável de processo (PV), e uma saída analógica que corresponde à variável manipulada (MV). Em alguns casos excepcionais, isto pode ser diferente (por exemplo: PV pode ser o resultado de um cálculo envolvendo diversas entradas analógicas).

Tais entradas e saídas analógicas normalmente estão dispersas em operandos %M de forma irregular. Por outro lado, a interface entre a UCP e o AL-2005 deve ser regular e organizada para minimizar o número de blocos a transferir entre ambos. Desta forma é necessário que a aplicação do usuário copie as entradas analógicas físicas para as variáveis de processo da interface entre a UCP e o AL-2005. Além disso, a aplicação ladder deve copiar as variáveis manipuladas da interface entre a UCP e o AL-2005 para as saídas analógicas físicas.

Considerando, por exemplo, um sistema de E/S remoto com remotas PROFIBUS da Série Ponto (PO5063 ou PO5063V4), sugere-se os seguintes tags para entradas e saídas analógicas físicas:

- EArrssc: entrada analógica da remota “rr”, slot “ss” e canal “c”: Estas entradas estão dispersas numa área de operandos %M de entradas analógicas.
- SArrssc: saída analógica da remota “rr”, slot “ss” e canal “c”: Estas saídas estão dispersas numa área de operandos %M de saídas analógicas.

3. Configuração

Descrição Detalhada dos Operandos de Interface entre AL-2005 e UCP para cada Laço PID

A seguir descrevem-se os operandos de interface entre o AL-2005 e a UCP para cada um dos laços PID. Todos estes operandos são do tipo %M (inteiros, nibbles ou bits).

Os nomes destes operandos são tags de até 7 caracteres, compatíveis com o programador MasterTool. Sugere-se utilizar exatamente estes tags na aplicação, se possível.

As seguintes convenções foram adotadas para nomear os tags:

- “nn” é o número do laço, que pode variar entre 00 e 99, considerando que NPID100.EXE pode executar até 100 laços;
- “s” é o número do slot onde está instalado o AL-2005 no barramento da UCP AL-2004 (s = 0, 1, 2, 3, ..., 7).

Variável de Processo (PVsnn)

Variável de processo do laço, tipicamente copiada a partir de EArrssc (entrada analógica física no canal “c” de um módulo no slot “ss” da remota “rr”) via instrução MOV no ladder. Pode variar entre -32768 e +32767. A faixa normal nunca seria maior do que -30000 a +30000, no entanto, esta faixa ampliada permite que o AL-2005 detecte erros de underrange e overrange (ver operandos PVMXsnn e PVMNsnn, descritos adiante).

Por exemplo, um canal do módulo PO1112 configurado em 4 a 20 mA tem sua faixa normal entre 0 (4 mA) e 30000 (20 mA). No entanto, o valor na verdade pode variar entre -7500 (0 mA) e 31500 (20,8 mA).

Mais tarde, ao definirem-se os parâmetros PVMXsnn e PVMNsnn, ficará mais clara a utilidade desta faixa ampliada.

Esta variável possui as seguintes propriedades:

- Tipo: operando %M
- Inicialização: deve ser copiada a partir da entrada analógica EArrssc antes da configuração de NPID100.EXE no AL-2005
- Redundância: deve ser redundante
- Interface com software de supervisão: normalmente é lida pelo software de supervisão
- Interface com AL-2005: é lida pelo AL-2005 no início de cada ciclo

Variável Manipulada (MV_{snn})

Variável manipulada do laço, tipicamente copiada para SArrssc (saída analógica física no canal “c” de um módulo no slot “ss” da remota “rr”) via instrução MOV no ladder. Pode variar entre –30000 e +30000.

Esta variável possui as seguintes propriedades:

- Tipo: operando %M
- Inicialização - deve-se optar entre as seguintes alternativas:
 - zero;
 - valor constante inicializado no módulo E000
 - o mesmo valor inicializado em VMAN_{snn} (ver descrição a seguir).
- Redundância: deve ser redundante
- Interface com software de supervisão: normalmente é lida pelo software de supervisão
- Interface com AL-2005: é escrita pelo AL-2005 no final de cada ciclo

Setpoint (SP_{snn})

O setpoint do laço pode variar entre –30000 e +30000.

Esta variável possui as seguintes propriedades:

- Tipo: operando %M
- Inicialização - deve-se optar entre as seguintes alternativas:
 - valor constante inicializado no módulo E000
 - valor retentivo presente no momento do desligamento
- Redundância: deve ser redundante
- Interface com software de supervisão: normalmente é lida pelo software de supervisão, podendo também ser escrita eventualmente.
- Interface com AL-2005: é lida pelo AL-2005 no início de cada ciclo

Saída em Manual (VMAN_{snn})

Trata-se do valor escrito em MV_{snn} quando o laço está em modo manual. Pode variar entre –30000 e +30000. No entanto, a cópia de VMAN_{snn} para MV_{snn} pode sofrer os limites impostos por MVMX_{snn}, MVMN_{snn} e VRMX_{snn}, descritos posteriormente.

ATENÇÃO:

- Em condições de exceção (falha geral no AL-2005 ou suspensão de execução do laço pelo AL-2005), VMAN_{snn} deve ser copiado diretamente, via ladder, para a saída analógica e para MV_{snn}, e o laço será comutado para manual. Neste caso, não atuam os limites impostos por MVMX_{snn}, MVMN_{snn} e VRMX_{snn}.

- Na inicialização do CP, VMAN_{snn} pode ser copiado para MV_{snn} e para a saída analógica, tipicamente quando o usuário deseja iniciar o sistema em manual.

Esta variável possui as seguintes propriedades:

- Tipo: operando %M
- Inicialização - deve-se optar entre as seguintes alternativas:
 - valor constante inicializado no módulo E000;
 - valor retentivo presente no momento do desligamento
- Redundância: deve ser redundante
- Interface com software de supervisão: normalmente é lida pelo software de supervisão, podendo também ser escrita eventualmente.
- Interface com AL-2005: é lida pelo AL-2005 no início de cada ciclo

Ganho Proporcional (KPsnn)

Trata-se do ganho proporcional do laço multiplicado por 10, programável entre 1 e 32767 (corresponde a ganhos entre 0,1 e 3276,7).

Esta variável possui as seguintes propriedades:

- Tipo: operando %M
- Inicialização - deve-se optar entre as seguintes alternativas:
 - valor constante inicializado no módulo E000
 - valor retentivo presente no momento do desligamento, digitado previamente como parâmetro pelo operador
- Redundância: deve ser redundante
- Interface com software de supervisão: normalmente é lida pelo software de supervisão. A escrita pode eventualmente ser permitida.
- Interface com AL-2005: é lida pelo AL-2005 no início de cada ciclo

Tempo Integral (TINsnn)

Trata-se do tempo integral do laço multiplicado por 10, programável entre 1 e 32767 (corresponde a tempos entre 0,1 e 3276,7 segundos).

Esta variável possui as seguintes propriedades:

- Tipo: operando %M
- Inicialização - deve-se optar entre as seguintes alternativas:
 - valor constante inicializado no módulo E000
 - valor retentivo presente no momento do desligamento, digitado previamente como parâmetro pelo operador
- Redundância: deve ser redundante
- Interface com software de supervisão: normalmente é lida pelo software de supervisão. A escrita pode eventualmente ser permitida.
- Interface com AL-2005: é lida pelo AL-2005 no início de cada ciclo

Tempo Derivativo (TDEsnn)

Trata-se do tempo derivativo do laço multiplicado por 100, programável entre 0 e 32767 (corresponde a tempos entre 0,00 e 327,67 segundos).

Esta variável possui as seguintes propriedades:

- Tipo: operando %M
- Inicialização - deve-se optar entre as seguintes alternativas:
 - valor constante inicializado no módulo E000
 - valor retentivo presente no momento do desligamento, digitado previamente como parâmetro pelo operador
- Redundância: deve ser redundante
- Interface com software de supervisão: normalmente é lida pelo software de supervisão. A escrita pode eventualmente ser permitida.
- Interface com AL-2005: é lida pelo AL-2005 no início de cada ciclo

Offset (BIASsnn)

Trata-se de um deslocamento somado em $MVsnn$ além dos termos proporcional, integral e derivativo. Pode variar entre -30000 e $+30000$. Este deslocamento normalmente pode ser nulo quando o termo integral existe.

Em alguns casos, $BIASsnn$ poder ser o resultado de um cálculo de outro processo (exemplo: feed-forward).

Esta variável possui as seguintes propriedades:

- Tipo: operando %M
- Inicialização - deve-se optar entre as seguintes alternativas:
 - valor constante inicializado no módulo E000
 - valor retentivo presente no momento do desligamento, digitado previamente como parâmetro pelo operador
- Redundância: deve ser redundante
- Interface com software de supervisão: normalmente é lida pelo software de supervisão. A escrita pode eventualmente ser permitida.
- Interface com AL-2005: é lida pelo AL-2005 no início de cada ciclo

Valor Máximo da Variável de Processo (PVMXsnn)

Trata-se de um limite máximo para $PVsnn$. Pode variar entre -32768 e $+32767$.

Este valor é utilizado para detectar erro de “overrange”. Caso $PVsnn$ ultrapasse este valor, além de sinalizar o erro de overrange, a execução do laço é suspensa, isto é, o AL-2005 não altera os valores de saída do laço ($MVsnn$, termo integral, etc.).

Na próxima seção ($PVMNsnn$), ilustra-se um exemplo prático de utilização de $PVMXsnn$ e $PVMNsnn$.

Esta variável possui as seguintes propriedades:

- Tipo: operando %M
- Inicialização - deve-se optar entre as seguintes alternativas:
 - valor constante inicializado no módulo E000
 - valor retentivo presente no momento do desligamento, digitado previamente como parâmetro pelo operador
- Redundância: deve ser redundante
- Interface com software de supervisão: normalmente é lida pelo software de supervisão. A escrita pode eventualmente ser permitida.
- Interface com AL-2005: é lida pelo AL-2005 no início de cada ciclo

Valor Mínimo da Variável de Processo (PVMNsnn)

Trata-se de um limite mínimo para PVsnn. Pode variar entre -32768 e +32767.

Este valor é utilizado para detectar erro de “underrange”. Caso PVsnn fique abaixo deste valor, além de sinalizar o erro de underrange, a execução do laço é suspensa, isto é, o AL-2005 não mais altera os valores de saída do laço (MVsnn, termo integral, etc.).

Por exemplo, suponha-se que um canal do PO1112 programado em 4 a 20 mA seja utilizado. O PO1112 tem as seguintes características no modo 4 a 20 mA:

- valor mínimo lido = -7500 (0 mA);
- valor máximo lido = 31500 (20,8 mA).

Uma estratégia frequentemente utilizada onde há transmissores com problemas de descalibração, por exemplo, é ajustar PVMNsnn em -5625 (1 mA). Se PVsnn ficar abaixo de 1 mA, considera-se o cabo rompido, e suspende-se a execução do laço. Por outro lado, com PVsnn acima de 1 mA mas abaixo de outro nível programável (exemplo: 3,8 mA), pode-se gerar um alarme para o operador via software de supervisão, alertando quanto a uma possível descalibração do transmissor. Desta forma, admitem-se os seguintes pressupostos:

- abaixo de 1 mA (-5625): rompimento do cabo, com laço PID suspenso;
- entre 1 mA (-5625) e 3,8 mA (-375): descalibração do transmissor com alarme para o operador, com laço PID ainda executando;
- acima de 3,8 mA: normal.

Quanto ao overrange, é possível optar entre colocar PVMNsnn abaixo de 31500 e possibilitar a suspensão da execução do laço, ou colocá-lo maior ou igual a 31500 e não suspender a execução do laço em caso de overrange. Mesmo assim, um alarme de overrange deve ser gerado para que se tomem providências quanto à calibração. Um possível exemplo seria:

- entre 20,2 mA (30375) e 20,6 mA (31125): descalibração do transmissor com alarme para o operador, com laço PID ainda executando;
- acima de 20,6 mA (31125): problema mais sério, com laço PID suspenso. Portanto, dever-se-ia ajustar PVMXsnn com 31125 neste exemplo.

Esta variável possui as seguintes propriedades:

- Tipo: operando %M
- Inicialização - deve-se optar entre as seguintes alternativas:
 - valor constante inicializado no módulo E000
 - valor retentivo presente no momento do desligamento, digitado previamente como parâmetro pelo operador
- Redundância: deve ser redundante
- Interface com software de supervisão: normalmente é lida pelo software de supervisão. A escrita pode eventualmente ser permitida.
- Interface com AL-2005: é lida pelo AL-2005 no início de cada ciclo

Valor Máximo da Saída Manipulada (MVMXsnn)

Trata-se de um limite máximo para MVsnn. Pode variar entre -30000 e +30000.

Esta variável possui as seguintes propriedades:

- Tipo: operando %M
- Inicialização - deve-se optar entre as seguintes alternativas:
 - valor constante inicializado no módulo E000
 - valor retentivo presente no momento do desligamento, digitado previamente como parâmetro pelo operador
- Redundância: deve ser redundante
- Interface com software de supervisão: normalmente é lida pelo software de supervisão. A escrita pode eventualmente ser permitida.
- Interface com AL-2005: é lida pelo AL-2005 no início de cada ciclo

Valor Mínimo da Saída Manipulada (MVMNsnn)

Trata-se de um limite mínimo para MVsnn. Pode variar entre -30000 e +30000.

Esta variável possui as seguintes propriedades:

- Tipo: operando %M
- Inicialização - deve-se optar entre as seguintes alternativas:
 - valor constante inicializado no módulo E000
 - valor retentivo presente no momento do desligamento, digitado previamente como parâmetro pelo operador
- Redundância: deve ser redundante
- Interface com software de supervisão: normalmente é lida pelo software de supervisão. A escrita pode eventualmente ser permitida.
- Interface com AL-2005: é lida pelo AL-2005 no início de cada ciclo

Variação Máxima da Saída Manipulada (VRMXsnn)

Trata-se de um limite de variação para MVsnn em 100 ms. Pode variar entre 0 e +30000. O valor 0 é utilizado para desabilitar a limitação.

Esta variável possui as seguintes propriedades:

- Tipo: operando %M
- Inicialização - deve-se optar entre as seguintes alternativas:
 - valor constante inicializado no módulo E000
 - valor retentivo presente no momento do desligamento, digitado previamente como parâmetro pelo operador
- Redundância: deve ser redundante
- Interface com software de supervisão: normalmente é lida pelo software de supervisão. A escrita pode eventualmente ser permitida.
- Interface com AL-2005: é lida pelo AL-2005 no início de cada ciclo

Banda Morta (DEADsnn)

Quando o valor absoluto do erro ($SP_{snn} - PV_{snn}$) é menor ou igual do que $DEAD_{snn}$, o controlador assume que o erro é nulo. Pode variar entre 0 e 32767.

Esta variável possui as seguintes propriedades:

- Tipo: operando %M
- Inicialização - deve-se optar entre as seguintes alternativas:
 - valor constante inicializado no módulo E000
 - valor retentivo presente no momento do desligamento, digitado previamente como parâmetro pelo operador
- Redundância: deve ser redundante
- Interface com software de supervisão: normalmente é lida pelo software de supervisão. A escrita pode eventualmente ser permitida.
- Interface com AL-2005: é lida pelo AL-2005 no início de cada ciclo

Modo Manual (MMANsnn)

Este operando define se o laço está em modo manual (1) ou automático (0).

Esta variável possui as seguintes propriedades:

- Tipo: bit de operando %M
- Inicialização - deve-se optar entre as seguintes alternativas:
 - valor constante inicializado no módulo E000
 - valor retentivo presente no momento do desligamento, digitado previamente pelo operador
- Redundância: deve ser redundante
- Interface com software de supervisão: normalmente é lida pelo software de supervisão. A escrita pode eventualmente ser permitida.
- Interface com AL-2005: é lida pelo AL-2005 no início de cada ciclo

Controle Direto (CDIRsnn)

Este operando define se o laço tem controle direto (1) ou reverso (0).

O controle é direto quando o controlador deve aumentar a variável manipulada (MV_{snn}) em resposta a um aumento da variável de processo (PV_{snn}). O controle é reverso quando o controlador deve diminuir a variável manipulada em resposta a um aumento da variável de processo.

Por exemplo, considere-se uma válvula que abre à medida que aumenta MV_{snn} , sendo utilizada no controle de nível de um tanque.

Considere-se primeiro a situação em que a válvula está posicionada na entrada do tanque. Se o nível do tanque (PV_{snn}) aumenta, a válvula deve se fechar para manter o nível sob controle. Trata-se de um controle reverso.

Se a válvula estivesse posicionada na saída do tanque, teríamos o caso contrário, com controle direto.

Esta variável possui as seguintes propriedades:

- Tipo: bit de operando %M
- Inicialização - deve-se optar entre as seguintes alternativas:
 - valor constante inicializado no módulo E000
 - valor retentivo presente no momento do desligamento, digitado previamente pelo operador
- Redundância: deve ser redundante
- Interface com software de supervisão: normalmente é lida pelo software de supervisão. A escrita pode eventualmente ser permitida.
- Interface com AL-2005: é lida pelo AL-2005 no início de cada ciclo

Inibição do Laço (INLCsnn)

Este operando permite desabilitar (1) ou habilitar (0) o tratamento do laço PID. Neste caso, o AL-2005 não altera as variáveis deste laço.

Esta variável possui as seguintes propriedades:

- Tipo: bit de operando %M
- Inicialização - deve-se optar entre as seguintes alternativas:
 - valor constante inicializado no módulo E000
 - valor retentivo presente no momento do desligamento, digitado previamente pelo operador
- Redundância: deve ser redundante
- Interface com software de supervisão: normalmente é lida pelo software de supervisão. A escrita pode eventualmente ser permitida.
- Interface com AL-2005: é lida pelo AL-2005 no início de cada ciclo

Inibição do Termo Proporcional (INPRsnn)

Este operando permite desabilitar (1) ou habilitar (0) o termo proporcional do laço PID.

Deve-se observar que este mesmo efeito não pode ser obtido zerando o ganho proporcional (KPsnn). Caso KPsnn fosse zerado, também seriam zerados os termos integral e derivativo, já que:

fator de ganho integral = $KPsnn / TINsnn$

fator de ganho derivativo = $KPsnn * TDEsnn$

Esta variável possui as seguintes propriedades:

- Tipo: bit de operando %M
- Inicialização - deve-se optar entre as seguintes alternativas:
 - valor constante inicializado no módulo E000
 - valor retentivo presente no momento do desligamento, digitado previamente pelo operador
- Redundância: deve ser redundante
- Interface com software de supervisão: normalmente é lida pelo software de supervisão. A escrita pode eventualmente ser permitida.
- Interface com AL-2005: é lida pelo AL-2005 no início de cada ciclo

Inibição do Termo Integral (ININsnn)

Este operando permite desabilitar (1) ou habilitar (0) o termo integral do laço PID.

Deve-se observar que este mesmo efeito não pode ser obtido zerando o tempo integral (TINsnn), até porque TINsnn não admite um valor nulo.

fator de ganho integral = $KPsnn / TINsnn$

Desta forma, para zerar o ganho integral, seria necessário um valor infinito em TINsnn.

Esta variável possui as seguintes propriedades:

- Tipo: bit de operando %M
- Inicialização - deve-se optar entre as seguintes alternativas:
 - valor constante inicializado no módulo E000
 - valor retentivo presente no momento do desligamento, digitado previamente pelo operador
- Redundância: deve ser redundante
- Interface com software de supervisão: normalmente é lida pelo software de supervisão. A escrita pode eventualmente ser permitida.
- Interface com AL-2005: é lida pelo AL-2005 no início de cada ciclo

Inibição do Termo Derivativo (INDEsnn)

Este operando permite desabilitar (1) ou habilitar (0) o termo derivativo do laço PID.

Deve-se observar que este mesmo efeito também pode ser obtido zerando o tempo derivativo (TDEsnn), pois:

$$\text{fator de ganho derivativo} = \text{KPsnn} * \text{TDEsnn}$$

Esta variável possui as seguintes propriedades:

- Tipo: bit de operando %M
- Inicialização - deve-se optar entre as seguintes alternativas:
 - valor constante inicializado no módulo E000
 - valor retentivo presente no momento do desligamento, digitado previamente pelo operador
- Redundância: deve ser redundante
- Interface com software de supervisão: normalmente é lida pelo software de supervisão. A escrita pode eventualmente ser permitida.
- Interface com AL-2005: é lida pelo AL-2005 no início de cada ciclo

Termo Derivativo em Função do Erro (DEERsnn)

Este operando seleciona se o termo derivativo é calculado em função do erro (1) ou da variável de processo PVsnn (0).

Normalmente prefere-se selecioná-lo em função da variável de processo, para evitar grandes contribuições do termo derivativo quando o setpoint (SPsnn) é modificado, pois isto causa uma variação abrupta do erro.

Esta variável possui as seguintes propriedades:

- Tipo: bit de operando %M
- Inicialização - deve-se optar entre as seguintes alternativas:
 - valor constante inicializado no módulo E000
 - valor retentivo presente no momento do desligamento, digitado previamente pelo operador
- Redundância: deve ser redundante
- Interface com software de supervisão: normalmente é lida pelo software de supervisão. A escrita pode eventualmente ser permitida.
- Interface com AL-2005: é lida pelo AL-2005 no início de cada ciclo

Cópia de PVsnn para SPsnn em Modo Manual (COPSsnn)

Este operando define se PVsnn é copiado para SPsnn em modo manual. Esta operação de cópia não é executada pelo AL-2005, mas sim pelo ladder.

Normalmente ativa-se este parâmetro para que não haja uma variação brusca quando o laço é comutado de manual para automático.

Esta variável possui as seguintes propriedades:

- Tipo: bit de operando %M
- Inicialização - deve-se optar entre as seguintes alternativas:
 - valor constante inicializado no módulo E000
 - valor retentivo presente no momento do desligamento, digitado previamente pelo operador
- Redundância: deve ser redundante
- Interface com software de supervisão: normalmente é lida pelo software de supervisão. A escrita pode eventualmente ser permitida.
- Interface com AL-2005: o AL-2005 desconsidera este operando

Cópia de MVsnn para VMANsnn em Modo Automático (COMVsnn)

Este operando define se MVsnn é copiado para VMANsnn em modo automático. Esta operação de cópia não é executada pelo AL-2005, mas sim pelo ladder.

Normalmente ativa-se este parâmetro para que não haja uma variação brusca da saída analógica quando o laço é comutado de automático para manual.

Esta variável possui as seguintes propriedades:

- Tipo: bit de operando %M
- Inicialização - deve-se optar entre as seguintes alternativas:
 - valor constante inicializado no módulo E000
 - valor retentivo presente no momento do desligamento, digitado previamente pelo operador
- Redundância: deve ser redundante
- Interface com software de supervisão: normalmente é lida pelo software de supervisão. A escrita pode eventualmente ser permitida.
- Interface com AL-2005: o AL-2005 desconsidera este operando

Alarme de Overrange (OVERsnn)

Este operando informa se PVsnn está com alarme de overrange. Ver descrição anterior de PVMXsnn.

Esta variável possui as seguintes propriedades:

- Tipo: bit de operando %M
- Inicialização: zero
- Redundância: deve ser redundante
- Interface com software de supervisão: normalmente é lida pelo software de supervisão.
- Interface com AL-2005: o AL-2005 escreve neste operando no final de cada ciclo.

Alarme de Underrange (UNDRsnn)

Este operando informa se PVsnn está com alarme de underrange. Ver descrição anterior de PVMNsnn.

Esta variável possui as seguintes propriedades:

- Tipo: bit de operando %M
- Inicialização: zero
- Redundância: deve ser redundante
- Interface com software de supervisão: normalmente é lida pelo software de supervisão.
- Interface com AL-2005: o AL-2005 escreve neste operando no final de cada ciclo.

Código de Erro Fatal em Entradas do Laço (CDE0snn...CDE3snn)

Estes 4 operandos formam um código de 4 bits para erro fatal em alguma das variáveis de entrada ou parâmetros do laço PID. Caso haja vários erros simultâneos, apenas um deles (o primeiro a ser avaliado) é sinalizado através deste código. A ordem de avaliação é a mesma dos códigos definidos a seguir. O operando codifica o erro num campo de 4 bits, conforme definido a seguir:

- 0000: nenhum erro
- 0001: SPsnn com valor fora da faixa permitida
- 0010: VMANsnn com valor fora da faixa permitida
- 0011: BIASsnn com valor fora da faixa permitida
- 0100: KP snn com valor fora da faixa permitida
- 0101: TINs0nn com valor fora da faixa permitida
- 0110: TDEsnn com valor fora da faixa permitida
- 0111: MVMXsnn com valor fora da faixa permitida
- 1000: MVMNsnn com valor fora da faixa permitida
- 1001: DEADsnn com valor fora da faixa permitida
- 1010: VRMXsnn com valor fora da faixa permitida
- 1011: MVMXsnn < MVMNsnn
- 1100: PVMXsnn < PVMNsnn

Estes operandos possuem as seguintes propriedades:

- Tipo: bit de operando %M
- Inicialização: zero
- Redundância: deve ser redundante
- Interface com software de supervisão: normalmente é lida pelo software de supervisão.
- Interface com AL-2005: o AL-2005 escreve neste operando no final de cada ciclo.

Laço fora de Execução (SUSPsnn)

Este operando informa que o laço teve sua execução suspensa. SUSPsnn pode ser ligado devido a qualquer um dos seguintes motivos:

- INLCsnn forçado em 1
- alarme OVERsnn ativo
- alarme UNDRsnn ativo
- CDE0snn...CDE3snn diferente de 0000
- HABPIDs = 0 e ATVPIDs = 1 (definidos adiante)

Quando SUSPsnn está ligado, o seguinte ocorre com os valores de saída do laço em questão:

- MVsnn = 0
- TINTLsnn = 0
- TINThsnn = 0
- CDE0snn...CDE3snn indicam o código de um eventual erro, caso HABPIDs = 1. Se HABPIDs = 0, são zerados.
- OVERsnn e UNDRsnn indicam os erros associados, caso HABPIDs = 1. Se HABPIDs = 0, são zerados.

ATENÇÃO:

Quando SUSPsnn está ativado, o ladder deve copiar o valor VMANsnn sobre a saída analógica e sobre MVsnn, e comutar o laço para manual. Além disso, o ladder deve zerar TINTLsnn e TINThsnn, como ocorre na condição inicial destas variáveis.

Esta variável possui as seguintes propriedades:

- Tipo: bit de operando %M
- Inicialização: zero
- Redundância: deve ser redundante
- Interface com software de supervisão: normalmente é lida pelo software de supervisão.
- Interface com AL-2005: o AL-2005 escreve neste operando no final de cada ciclo.

Termo Integral Floating Point – Parte Low (TINLsnn)

Trata-se de uma variável de estado que o laço PID toma como entrada e altera a cada execução. Armazena a parte baixa do termo integral, em formato “floating point”.

Esta variável possui as seguintes propriedades:

- Tipo: operando %M
- Inicialização: zero
- Redundância: deve ser redundante
- Interface com software de supervisão: não existe.
- Interface com AL-2005: o AL-2005 lê este operando no início do primeiro ciclo após a inicialização ou switchover de redundância, e escreve neste operando no final de cada ciclo.

Termo Integral Float – Parte High (TINHsnn)

Trata-se de uma variável de estado que o laço PID toma como entrada e altera a cada execução. Armazena a parte alta do termo integral, em formato “floating point”.

Esta variável possui as seguintes propriedades:

- Tipo: operando %M
- Inicialização: zero
- Redundância: deve ser redundante
- Interface com software de supervisão: não existe.
- Interface com AL-2005: o AL-2005 lê este operando no início do primeiro ciclo após a inicialização ou switchover de redundância, e escreve neste operando no final de cada ciclo.

Descrição Detalhada dos Operandos Gerais de NPID100.EXE

Na seção anterior, descreveram-se os operandos que se repetem para cada laço PID (até 100 laços PID podem existir). Nesta seção, descrevem-se operandos gerais para o AL-2005, que possuem uma única instância.

As seguintes convenções foram adotadas para nomear os tags:

- “s” é o número do slot onde está instalado o AL-2005 no barramento (s = 0, 1, 2, 3, ..., 7).

Estado da Configuração (STCNFs)

Este operando informa se houve sucesso na configuração de NPID100.EXE no AL-2005 e indica o código de eventuais erros.

Trata-se de um operando %M que pode assumir os seguintes valores:

- 0: a configuração ainda não foi solicitada, ou está sendo processada.
- bits 0 a 14: informam um código de erro de configuração, que pode valer:
 - 0: nenhum erro
 - 1: o processador especificado na posição 1 da tabela de configuração é inválido.
 - 2: a posição 2 da tabela de configuração é diferente de zero.
 - 3: a versão do produto especificada na posição 3 da tabela de configuração é inválida.
 - 4: o número de laços PID especificado na posição 4 da tabela de configuração é inválido.
 - 5: o endereço inicial do bloco 1 de operandos %M especificado na posição 5 da tabela de configuração é inválido, ou este bloco não está completamente definido na memória do CP.
 - 6: o endereço inicial do bloco 2 de operandos %M especificado na posição 6 da tabela de configuração é inválido, ou este bloco não está completamente definido na memória do CP.
 - 7: o endereço inicial do bloco 3 de operandos %M especificado na posição 7 da tabela de configuração é inválido, ou este bloco não está completamente definido na memória do CP.
- bit 15 ligado: a configuração terminou, com ou sem erro.

ATENÇÃO:

STCNF não indicará diagnósticos de erro caso:

- houver falha na interface entre UCP e AL-2005, seja devido a problema de hardware, seja devido a um problema grave de configuração (exemplo: parâmetros da F-2005.016);
- a tabela de configuração não tiver ao menos 8 posições;
- o bloco 1 estiver totalmente não declarado em C000, já que STCNF faz parte do bloco 1.

ATENÇÃO:

Caso STCNFs indique um erro de configuração, ou permaneça desconfigurado por 10 segundos, o ladder deve copiar o valor VMANsnn sobre MVsnn e sobre a saída analógica para todos os laços, e os comutar para manual. Além disso, o ladder deve zerar TINLsnn e TINHsnn, como ocorre na condição inicial destas variáveis. Os operandos escritos pelo AL-2005, neste caso, não podem ser levados em consideração.

Esta variável possui as seguintes propriedades:

- Tipo: operando %M
- Inicialização: zero
- Redundância: não pode ser redundante, pois é particular de cada CP.
- Interface com software de supervisão: pode ser lido.
- Interface com AL-2005: o AL-2005 escreve neste operando no final de cada ciclo.

Contador de Execuções (CNTEXEs)

Este operando é incrementado a cada execução do conjunto de laços PID. O incremento é circular, entre 0 e 32767, voltando depois para 0.

ATENÇÃO:

Caso CNTEXEs permaneça congelado por 10 segundos, o ladder deve copiar o valor VMANsnn sobre a saída analógica para todos os laços, e os comutar para manual. Além disso, o ladder deve zerar TINLsnn e TINHsnn, como ocorre na condição inicial destas variáveis. Os operandos escritos pelo AL-2005, neste caso, não podem ser levados em consideração.

Esta variável possui as seguintes propriedades:

- Tipo: operando %M
- Inicialização: zero
- Redundância: não pode ser redundante.
- Interface com software de supervisão: pode ser lido.
- Interface com AL-2005: o AL-2005 escreve neste operando no final de cada ciclo.

Sample Time Médio (DTMEDs)

Este operando informa o sample time médio (ms) dos últimos 100 ciclos. Nos primeiros 99 ciclos depois da inicialização ou de um switchover de redundância, o valor deste operando é zero.

Esta variável possui as seguintes propriedades:

- Tipo: operando %M
- Inicialização: zero
- Redundância: não pode ser redundante.
- Interface com software de supervisão: pode ser lido.
- Interface com AL-2005: o AL-2005 escreve neste operando no final de cada ciclo.

Sample Time Instantâneo (DTINSTs)

Este operando informa o sample time (ms) do último ciclo.

Esta variável possui as seguintes propriedades:

- Tipo: operando %M
- Inicialização: zero
- Redundância: não pode ser redundante.
- Interface com software de supervisão: pode ser lido.
- Interface com AL-2005: o AL-2005 escreve neste operando no final de cada ciclo.

CP Ativo Controlando NPID100.EXE (ATVPIDs)

Este operando indica que o CP onde está o AL-2005 com NPID100.EXE:

- já executou todas as inicializações de variáveis de entrada
- que o CP não é redundante, ou que está no estado ativo quando é redundante.

Na próxima seção, serão fornecidos mais detalhes sobre as variáveis ATVPIDs e HABPIDs.

Esta variável possui as seguintes propriedades:

- Tipo: bit de operando %M
- Inicialização: zero
- Redundância: não pode ser redundante. Mesmo assim, será definido na área de redundância, para minimizar o número de blocos transferidos entre AL-2005 e UCP. Para anular o efeito da redundância, em todo ciclo de varredura da UCP AL-2005, deve-se calcular ATVPIDs tanto no CP ativo como no CP reserva.
- Interface com software de supervisão: pode ser lido.
- Interface com AL-2005: o AL-2005 lê este operando no início de cada ciclo.

Habilita Execução de NPID100.EXE (HABPIDs)

Os operandos HABPIDs e ATVPIDs, em conjunto, definem o comportamento global do bloco de saídas dos laços PID (bloco 2, descrito adiante).

Para que HABPIDs esteja ligado, é necessário que:

- ATVPIDs esteja ligado. Portanto, a combinação ATVPIDs = 0 e HABPIDs = 1 é proibida. Caso ela seja informada, NPID100.EXE assume ambos zerados.
- a configuração de NPID100.EXE tenha terminado com sucesso
- não existam alarmes graves gerais do AL-2005 ou externos, tais como:
 - congelamento de CNTEXEs por mais de 10 segundos
 - perda de retentividade da memória do CP (parâmetros não confiáveis)

Portanto, há 3 combinações possíveis para os valores de HABPIDs e ATVPIDs. A seguir, descrevem-se as ações sobre as saídas (bloco 2) para cada uma destas combinações:

- ATVPIDs = 0 (conseqüentemente HABPIDs = 0): o AL-2005 não escreve nas saídas (bloco 2). Neste caso, como o CP não está em estado ativo, o CP em estado ativo escreverá indiretamente no bloco 2 via redundância.
- HABPIDs = 0 e ATVPIDs = 1: o AL-2005, se possível (exemplo: alarme de falha de retentividade), escreverá o seguinte nas variáveis do bloco 2:
 - $MVs_{snn} = 0$
 - $TINTL_{snn} = 0$
 - $TINTH_{snn} = 0$
 - $CDE0_{snn}, CDE1_{snn}, CDE2_{snn}, CDE3_{snn} = 0, 0, 0, 0$
 - $OVER_{snn}, UNDR_{snn}$ e $SUSP_{snn} = 0, 0, 1$
- HABPIDs = 1 e ATVPIDs = 1: este é o caso normal, onde o bloco 2 receberá os valores normais dos cálculos.

Esta variável possui as seguintes propriedades:

- Tipo: bit de operando %M
- Inicialização: zero
- Redundância: não pode ser redundante. Mesmo assim, será definido na área de redundância, para minimizar o número de blocos transferidos entre AL-2005 e UCP. Para anular o efeito da redundância, em todo ciclo de varredura da UCP AL-2005, deve-se calcular ATVPIDs tanto no CP ativo como no CP reserva.
- Interface com software de supervisão: pode ser lido.
- Interface com AL-2005: o AL-2005 lê este operando no início de cada ciclo.

Estruturas de Dados no CP

Nesta seção descrevem-se as estruturas de dados acessadas pelo AL-2005 com NPID100.EXE. Muitas delas reúnem os operandos descritos anteriormente nesta seção.

Tabela de Configuração

Deve-se definir uma tabela do tipo %TM com 8 posições, não redundante, que é passada como parâmetro para o módulo F-2005.016. Esta tabela é utilizada para executar a configuração do AL-2005, informando ao mesmo os blocos de operandos que devem ser utilizados como interface com a UCP AL-2004.

Esta tabela normalmente é inicializada no módulo E000 do CP, e possui o seguinte formato:

- posição 0: reservada. Colocar o valor 0.
- posição 1: tipo de processador. Colocar o valor 2005 (AL-2005).
- posição 2: reservada. Colocar o valor 0.
- posição 3: reservada para versão do produto, para gerenciamento de melhorias de software mantendo compatibilidade com versões antigas de ladder. Colocar o valor 100 (versão 1.00).
- posição 4: número de laços PID, entre 1 e 100.
- posição 5: endereço inicial do bloco 1 de operandos %M, descrito posteriormente.
- posição 6: endereço inicial do bloco 2 de operandos %M, descrito posteriormente.
- posição 7: endereço inicial do bloco 3 de operandos %M, descrito posteriormente.

O AL-2005 apenas lê esta tabela quando recebe uma solicitação de configuração.

Bloco 1 de Operandos %M

Este bloco reúne operandos com as seguintes propriedades:

- Redundância: sem redundância
- Acesso pelo AL-2005:
 - Leitura do AL-2004: nunca
 - Escrita no AL-2004: realizada no final de cada ciclo

Este bloco tem 4 operandos %M:

- posição 0: STCNFs
- posição 1: CNTEXEs
- posição 2: DTMEDs
- posição 3: DTINSTs

Bloco 2 de Operandos %M

Este bloco reúne operandos com as seguintes propriedades:

- Redundância: redundante
- Acesso pelo AL-2005:
 - Leitura do AL-2004: somente no primeiro ciclo após inicialização ou “switchover” de redundância, isto é, quando o operando HABPIDs varia de 0 para 1 (para HABPIDs ter assumido o valor 1, ATVPIDs também deve ter assumido o valor 1). Esta leitura é necessária somente para os 2 últimos operandos do bloco (TINLsnn e TINHsnn).
 - Escrita no AL-2004: realizada no final de cada ciclo, somente quando ATVPIDs = 1.

O tamanho total deste bloco é:

$$N * 4$$

onde N é o número de laços PID configurado na posição 4 da tabela de configuração. Considerando “nn” como índice do laço (nn = 0, 1, 2, ..., N-1):

- posição 0 + nn * 4: MVsnn
- posição 1 + nn * 4:
 - bit 0: CDE0snn
 - bit 1: CDE1snn
 - bit 2: CDE2snn
 - bit 3: CDE3snn
 - bit 4:OVERsnn
 - bit 5:UNDRSnn
 - bit 6: SUSPsnn
- posição 2 + nn * 2: TINLsnn
- posição 3 + nn * 2: TINHsnn

Bloco 3 de Operandos %M

Este bloco reúne operandos com as seguintes propriedades:

- Redundância: redundante
- Acesso pelo AL-2005:
 - Leitura do AL-2004: no início de cada ciclo
 - Escrita no AL-2004: nunca

O tamanho total deste bloco é:

$$14 * N + 1$$

onde N é o número de laços PID configurado na posição 4 da tabela de configuração.

A primeira posição do bloco contém:

- posição 0:
 - bit 0: HABPIDs
 - bit 1: ATVPIDs

A partir da segunda posição, há 14 operandos %M para cada laço. Considerando “nn” como índice do laço (nn = 0, 1, 2, ..., N-1):

- posição 1 + nn * 14: PVsnn
- posição 2 + nn * 14: SPsnn
- posição 3 + nn * 14: VMANsnn
- posição 4 + nn * 14: BIASsnn
- posição 5 + nn * 14: KPsnn
- posição 6 + nn * 14: TINsnn
- posição 7 + nn * 14: TDEsnn
- posição 8 + nn * 14: PVMXsnn
- posição 9 + nn * 14: PVMNsnn
- posição 10 + nn * 14: MVMXsnn
- posição 11 + nn * 14: MVMNsnn
- posição 12 + nn * 14: VRMXsnn
- posição 13 + nn * 14: DEADsnn

- posição 14 + nn * 14:
 - bit 0: INLCsnn
 - bit 1: MMANsnn
 - bit 2:CDIRsnn
 - bit 3: INPRsnn
 - bit 4: ININsnn
 - bit 5: INDEsnn
 - bit 6: DEERsnn
 - bit 7: não utilizado
 - bit 8: COPSsnn
 - bit 9: COMVsnn

Instalação de NPID100.EXE no AL-2005

Deve-se utilizar o programador AL-3860, apagar a FLASH EPROM do AL-2005, e instalar uma única instância de NPID100.EXE no AL-2005. Consultar o manual de utilização do AL-2005 para maiores detalhes.

4. Recomendações para a Aplicação Ladder

Este capítulo apresenta recomendações para uma aplicação ladder gerenciar um AL-2005 com a aplicação NPID100.EXE, com os seguintes objetivos:

- Otimização da performance;
- Aumento da segurança, considerando diagnósticos e situações de exceção;
- Padronização das aplicações.

Do ponto de vista de redundância, duas situações são consideradas:

- UCP AL-2004 não redundante
- UCP AL-2004 redundante, com coprocessador de redundância AL-2017

Também é feita, neste capítulo, uma análise de performance da função NPID100.EXE.

Operandos %M Retentivos

Recomenda-se que todos os operandos %M alocados no CP sejam declarados como retentivos no módulo C000. Pode ser útil estender esta recomendação para outros operandos simples que normalmente não são retentivos (%A, %I, %F, etc).

Existem operandos %M (e operandos simples de outro tipos) que, embora declarados como retentivos, devem ser inicializados com valores constantes (entre os quais o valor zero). Neste caso, pode-se utilizar instruções CAB no módulo E000. Cada instrução CAB pode inicializar um bloco de até 255 operandos %M (ou de outros tipos).

Inicialização de Operandos

Recomenda-se inicializar os operandos sempre no módulo E000, visto que o mesmo só é executado na inicialização do CP, e desta forma otimiza-se a performance da UCP AL-2004.

As tarefas de inicialização em E000 relacionadas com NPID100.EXE são as seguintes:

- Inicializar a(s) %TM(s) de configuração do(s) AL-2005 com NPID100.EXE;
- Inicializar operandos %M relacionados a cada laço PID “nn” do AL-2005 instalado no slot “s”, para todos os módulos AL-2005 com NPID100.EXE.

Na inicialização dos operandos %M relacionados a cada laço PID, pode-se adotar políticas variadas. A política pode, inclusive, mudar de um laço PID para outro laço PID, dentro do mesmo AL-2005.

Por exemplo, no caso de um parâmetro de sintonia (ex: KPsnn), pode-se optar, tipicamente, entre as seguintes políticas:

- Inicializá-lo com valor constante em E000, e bloquear sua alteração pelo operador via sistema software de supervisão.
- Permitir sua alteração pelo operador via sistema software de supervisão, defini-lo como retentivo e não inicializá-lo em E000.

Tarefas Cíclicas

Além das tarefas de inicialização, cuja execução é recomendada no módulo E000, existem tarefas cíclicas cuja execução deve ser feita no módulo E001.

Tarefas Cíclicas Principais e Módulos de Ladder Associados

As tarefas da UCP AL-2004 que se repetem ciclicamente para o controle PID, depois que o AL-2005 com NPID100.EXE já está configurado, são as seguintes:

- Leitura de entradas físicas (entre as quais as entradas analógicas com PVsnn) e escrita nas saídas físicas (entre as quais as saídas analógicas com MVsnn). Esta tarefa depende da tecnologia de E/S empregada (E/S local, E/S remoto PROFIBUS DP, etc).
- Ações de intertravamento relacionadas a cada laço PID. Esta tarefa é representada pelo módulo ladder **P-PIDINT.xxx**, descrito com maiores detalhes posteriormente.
- Comunicação com o AL-2005, para leitura/escrita dos 3 blocos de operandos %M. Esta tarefa é representada pelo módulo ladder **P-PIDCOM.yyy**, descrito com maiores detalhes posteriormente.

Ciclos Regulares Desnecessários

A aplicação NPID100.EXE no AL-2005 não precisa ser executada em ciclos regulares, pois a mesma mede o intervalo entre ciclos consecutivos (DT) com precisão de 1 ms e sem acúmulo de erros. Isto permite calcular de forma apropriada os termos integral e derivativo, bem como limitações de variação da saída MVsnn através do parâmetro VRMXsnn.

Portanto, a utilização de E018 ou de temporizadores é desnecessária, para disparar as comunicações entre o AL-2004 e o AL-2005 (módulo P-PIDCOM.yyy). Chamadas simples em E001 devem ser utilizadas.

Intervalo Máximo entre Ciclos

Embora o tempo de ciclo do AL-2005 (DT) não precise ser constante, pois é medido, é necessário impor um limite máximo para o mesmo. Se o valor de DT tornar-se muito alto, pode-se comprometer o controle do processo.

Para que um processo com constante de tempo τ em malha aberta seja controlado com sucesso, normalmente é suficiente que o valor máximo de DT seja menor do que um décimo do valor de τ . Desta forma, deve-se identificar o processo mais crítico (com o menor valor de τ) e garantir que o valor máximo de DT seja menor do que um décimo desta constante de tempo em malha aberta.

Do ponto de vista de controle PID, o que realmente interessa é o tempo de resposta, medido entre o momento da variação da entrada PVsnn e o momento da atuação correspondente na saída MVsnn. Esta análise será feita na seção *Análise de Performance de um Sistema com NPID100.EXE*.

Módulo P-PIDINT.xxx

Conforme descreveu-se anteriormente, este módulo é utilizado para tarefas de intertravamento relacionadas a cada laço PID. O módulo P-PIDINT.xxx é chamado dentro do módulo E001, para executar atividades cíclicas. Nesta seção, descreve-se este módulo, sem preocupação com sua chamada. Na seção *Chamadas de P-PIDINT.xxx* descreve-se a chamada deste módulo, e também do módulo P-PIDCOM.yyy.

A seguir, sugere-se uma implementação para P-PIDINT.xxx. Neste modelo, para cada laço PID, utilizam-se 3 lógicas. A figura seguinte mostra as 3 lógicas (003, 004 e 005) correspondentes ao laço 01 para um AL-2005 instalado no slot 4 (snn = 401). O laço será referido simplesmente como laço 401.

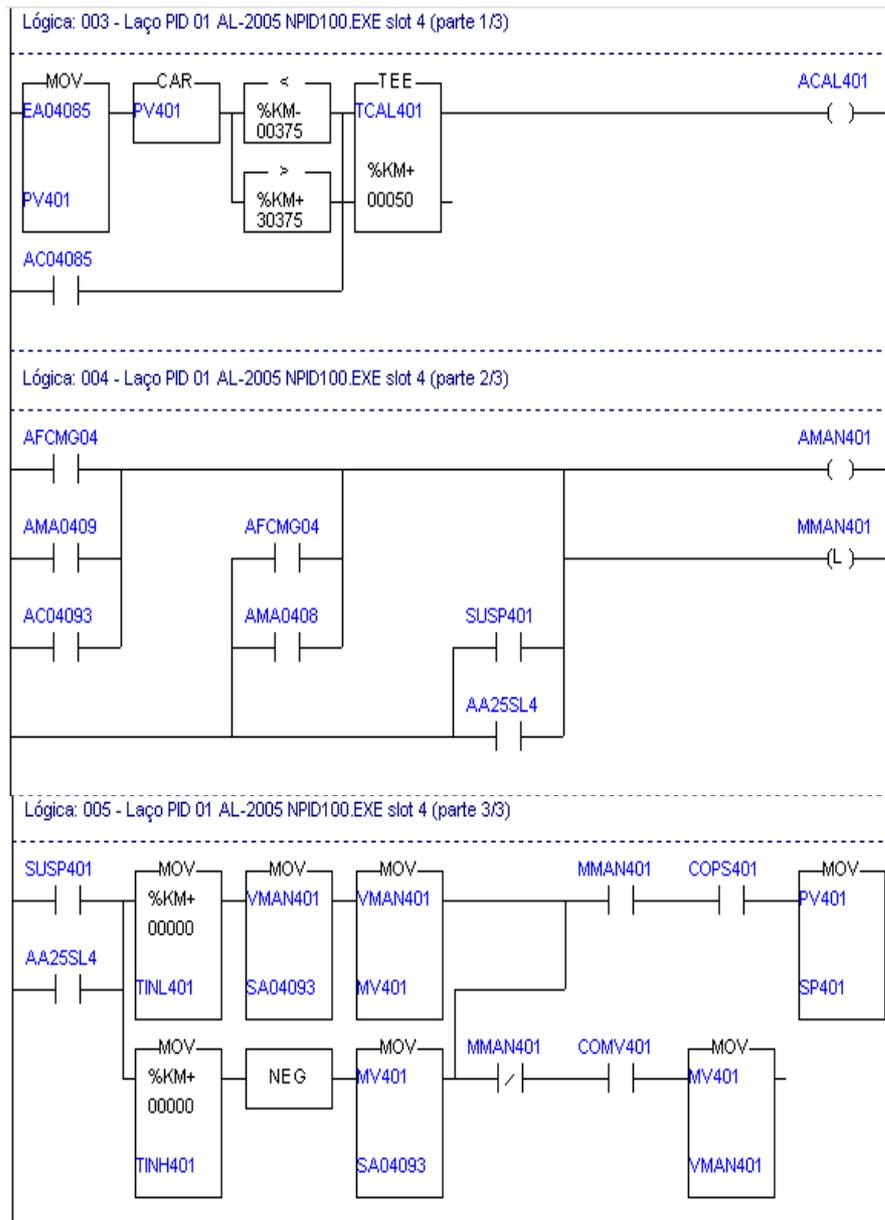


Figura 4-1. Lógicas de P-PIDINT.xxx para um laço PID

Lógica 003:

O objetivo desta lógica é calcular um alarme de erro de calibração para o PV401, denominado ACAL401.

O operando EA04085 corresponde a uma entrada analógica física, situada na remota PROFIBUS de endereço 04, módulo 08, canal 5. Este operando é copiado para a variável PV401. A variável PV401 é comparada contra limites inferior ($-375 = 3,8 \text{ mA}$) e superior ($30375 = 20,2 \text{ mA}$) para indicar erro de calibração (ACAL401) no PV401, caso fique fora desta faixa por mais de 5 segundos.

Além disso, o operando AC04085 indica que existe algum problema específico nesta entrada analógica, detectado num módulo de diagnósticos vinculado às entradas e saídas, que não será discutido neste manual (ex: entrada de corrente aberta ou em “overrange”). Caso AC04085 ficar ligado por mais de 5 segundos, também indica-se o erro de calibração ACAL401.

Lógica 004:

Esta lógica é utilizada para forçar o laço 401 para o modo manual quando necessário, ligando MMAN401, além de ligar o alarme AMAN401 que indica que a causa do forçamento para manual está presente.

A descrição dos diversos contatos mostrados na lógica 004 é feita a seguir:

- AFCMG04 (na coluna 0): falha de comunicação com a remota PROFIBUS de endereço 04 impede escrita na saída analógica correspondente a MV401. Esta remota contém o módulo PO2132 com a saída analógica correspondente a MV401.
- AMA0409: falha de comunicação com o módulo 09 da remota PROFIBUS de endereço 04 impede escrita na saída analógica correspondente a MV401. O módulo 09 da remota 04 é o módulo PO2132 que contém a saída analógica correspondente a MV401.
- AC04093: existe algum problema específico na saída analógica da remota 04, módulo 09 (PO2132), canal 3, tal como saída de corrente aberta.
- AFCMG04 (na coluna 2): falha de comunicação com a remota PROFIBUS de endereço 04 impede leitura da entrada analógica correspondente a PV401. Esta remota contém o módulo PO1112 com a entrada analógica correspondente a PV401.
- AMA0408: falha de comunicação com módulo 08 da remota PROFIBUS de endereço 04 impede leitura da entrada analógica correspondente a PV401. O módulo 08 da remota 04 é o módulo PO1112 que contém a entrada analógica correspondente a PV401.
- SUSP401: informação escrita pelo AL-2005 do slot 4, indicando que o laço 01 está suspenso. Os motivos possíveis para esta suspensão foram descritos anteriormente neste manual (ver descrição do operando SUSPnn).
- AA25SL4: indica anormalidade no AL-2005 do slot 4. O operando AA25SL4 é calculado no módulo P-PIDCOM.yyy, descrito posteriormente.

Lógica 005:

Caso o laço 401 esteja suspenso (SUSP401) ou haja um problema geral no AL-2005 do slot 4 (AA25SL4):

- Zera-se as partes alta e baixa do termo integral (TINH401 e TINL401)
- O valor em manual (VMAN401) é copiado sobre o MV401 e também sobre a saída analógica correspondente (SA04093)
- Caso o parâmetro COPS401 esteja ligado, PV401 é copiado para SP401, visto que neste caso certamente o laço foi forçado para manual (MMAN401) na lógica anterior (004).

Caso contrário:

- O valor MV401 é copiado sobre a saída analógica correspondente (SA04093)
- Em modo manual (MMAN401 ligado), caso o parâmetro COPS401 esteja ligado, PV401 é copiado para SP401. Desta forma, numa futura comutação para automático, não haverá uma modificação abrupta devido a diferenças entre PV401 e SP401.
- Em modo automático (MMAN401 desligado), caso o parâmetro COMV401 esteja ligado, MV401 é copiado para VMAN401. Desta forma, numa futura comutação para manual, não haverá uma modificação abrupta devido a diferenças entre VMAN401 e MV401.

Módulo P-PIDCOM.yyy

Conforme descreveu-se anteriormente, este módulo é utilizado para tarefas de comunicação entre a UCP AL-2004 e o AL-2005. Além das comunicações cíclicas para leitura/escrita dos 3 blocos de operandos %M, também é utilizado para as eventuais configurações do AL-2005, bem como para detecção de falha do AL-2005. Nesta seção, descreve-se este módulo, sem preocupação com sua chamada. Na seção *Chamadas de P-PIDINT.xxx e P-PIDCOM.xxx* descreve-se a chamada deste módulo, e também do módulo P-PIDINT.xxx.

A figura seguinte mostra a primeira lógica (000) de P-PIDCOM.yyy.

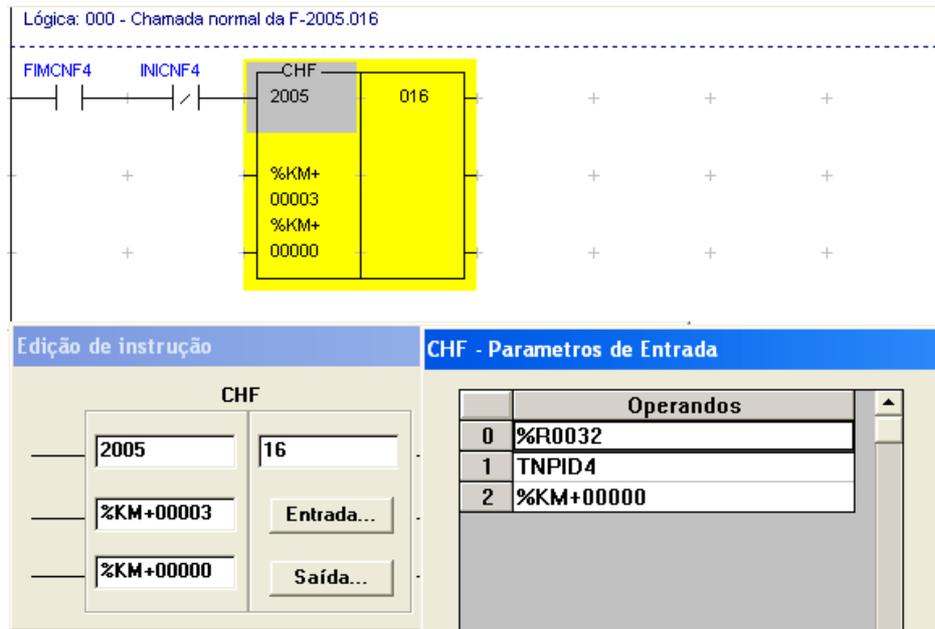


Figura 4-2. Lógica 000 de P-PIDCOM.yyy

Lógica 000:

Esta chamada da F-2005.016 é utilizada para comunicações normais (leituras e escritas dos 3 blocos de operandos %M), ou seja, não dispara configurações do AL-2005. Ela somente é chamada quando o AL-2005 do slot 4 já está configurado (FIMCNF4 = 1) e quando não se está executando uma reconfiguração (INICNF4 = 0).

As janelas na parte inferior da figura mostram os parâmetros internos do módulo F-2005.016:

- %R0032: indica que o AL-2005 está no slot 4 ($4 * 8 = 32$)
- TNPID4: tabela de configuração para NPID100.EXE, para o AL-2005 no slot 4
- %KM00000: número da aplicação NPID100.EXE (somente 0 é permitido), que deve ser a única aplicação instalada neste AL-2005 do slot 4.

A figura seguinte mostra as 3 lógicas seguintes (001, 002 e 003).

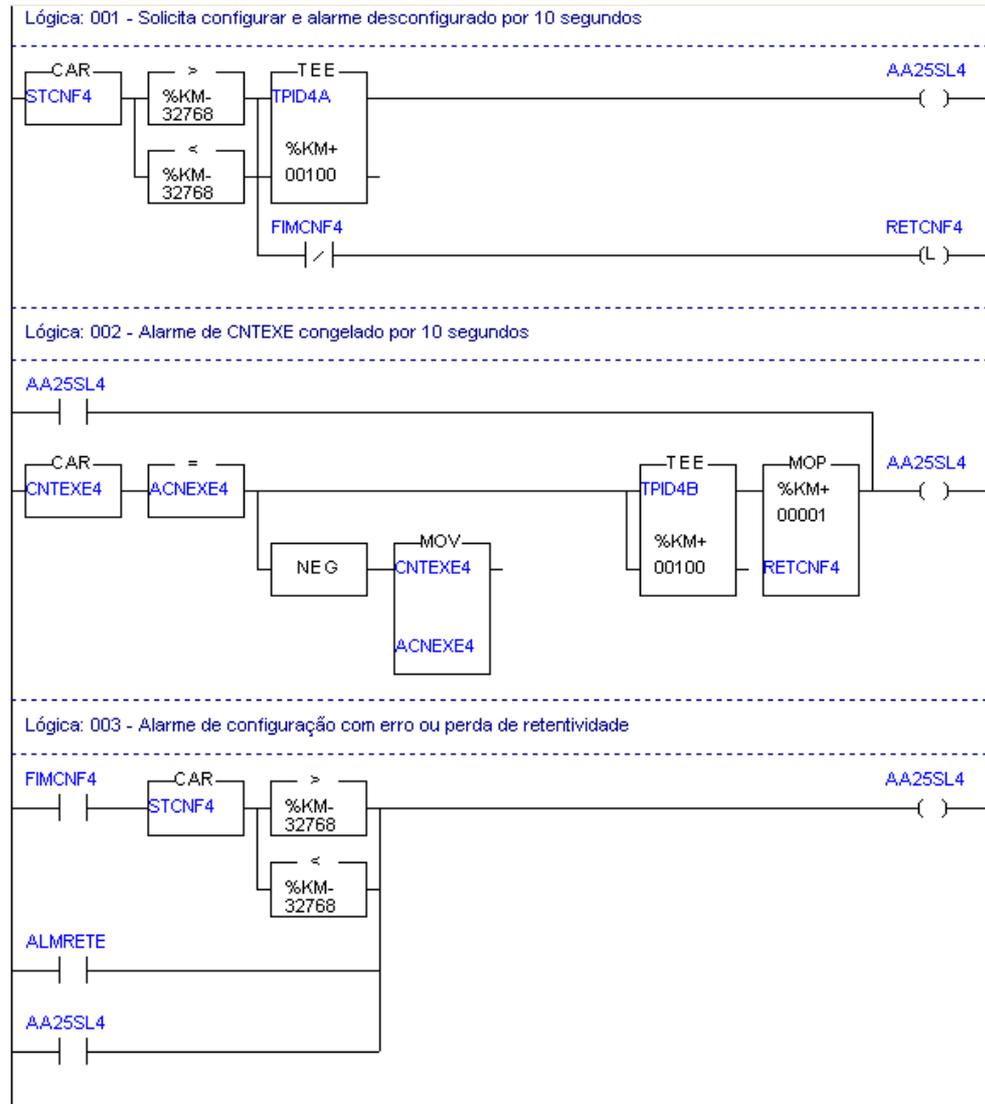


Figura 4-3. Lógicas 001 a 003 de P-PIDCOM.yyy

Lógica 001:

Quando STCNF4 vale -32768 (somente bit 15 ligado), o AL-2005 do slot 4 está configurado sem erros. Quando esta situação não ocorre, e persiste por mais de 10 segundos, o alarme AA25SL4 é ligado para reportar problemas no AL-2005.

Caso o bit 15 de STCNF4 (FIMCNF4) não estiver ligado, a configuração do AL-2005 não foi concluída. Neste caso, liga-se o operando RETCNF4 para solicitar uma configuração ou reconfiguração do AL-2005.

Lógica 002:

Caso o contador de execução de ciclos do AL-2005 no slot 4 (CNTEXE4) permanecer congelado por 10 segundos ou mais, o alarme AA25SL4 também é ligado para reportar problemas no AL-2005, e além disso liga-se o operando RETCNF4 para solicitar uma configuração ou reconfiguração do AL-2005.

Lógica 003:

O alarme AA25SL4 também é ligado para reportar problemas no AL-2005 nos seguintes casos:

- Quando a configuração está concluída (FIMCNF4 = 1), mas STCNF4 não vale -32768, ou seja, erros de configuração foram detectados (erros na aplicação ladder do usuário).
- Em caso de perda de retentividade na memória do AL-2004, que pode comprometer os parâmetros retentivos. A alarme ALMRETE é detectado em outro módulo de diagnósticos. Caso o usuário não utilize parâmetros retentivos, pode eliminar o contato ALMRETE desta lógica. Uma estratégia que pode ser utilizada para detectar o alarme ALMRETE é a seguinte:
 - Declarar, no módulo C000, uma tabela auxiliar com um única posição, de preferência %TF0254, com uma única posição (%TF0254[0]).
 - Inicializar esta posição através de forçamento, utilizando o Mastertool, com um valor conhecido (por exemplo: %KF1234567).
 - Ciclicamente, no módulo E001, comparar %TF0254[0] com %KF1234567. Se forem diferentes, ativar ALMRETE.
 - Uma vez ativado, ALMRETE continuará ativo até que o valor %KF1234567 seja novamente forçado em %TF0254[0]. Observar que este alarme detecta não apenas perda de retentividade, mas também alterações inadvertidas na alocação de operandos dentro do módulo C000.

As figuras seguintes mostram duas opções de implementação da lógica 004: com e sem redundância da UCP AL-2004.

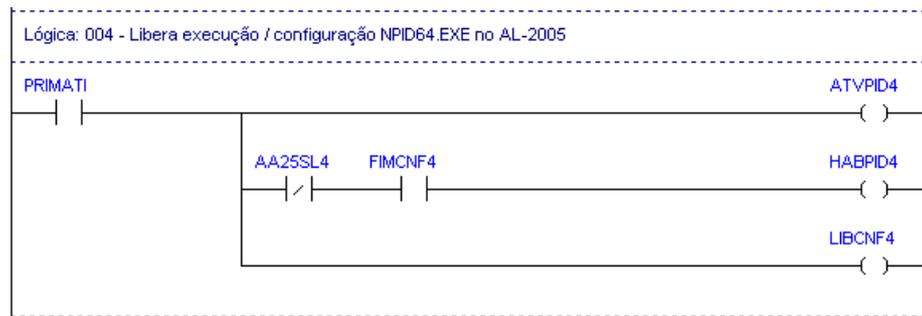


Figura 4-4. Lógica 004 de P-PIDCOM.yyy em CPs sem redundância

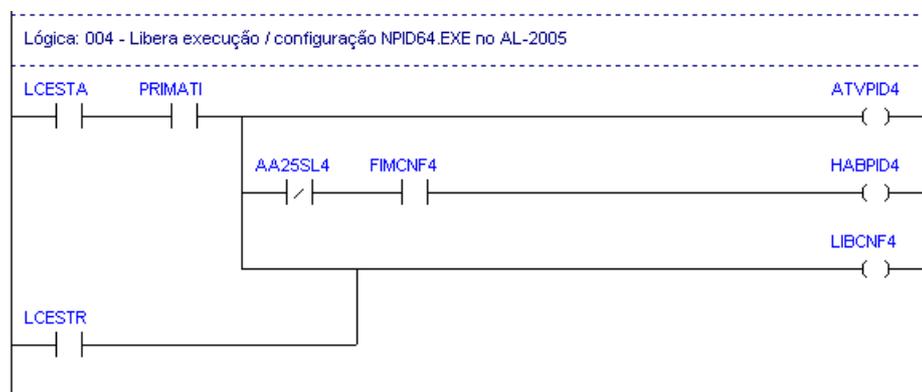


Figura 4-5. Lógica 004 de P-PIDCOM.yyy em CPs com redundância

Lógica 004:

Esta lógica é utilizada para calcular os operandos ATVPIDs e HABPIDs, já descritos anteriormente neste manual. Além disso calcula um operando auxiliar denominado LIBCNFs, que é uma liberação para solicitar a configuração do AL-2005 no slot “s”.

Considerando que neste exemplo $s = 4$, a seguir descrevem-se os demais operandos utilizados nesta lógica:

- LCESTA: indica que este CP está em estado ativo, numa configuração redundante com o coprocessador AL-2017.
- LCESTR: indica que este CP está em estado reserva, numa configuração redundante com o coprocessador AL-2017.
- PRIMATI: indica que este CP já executou pelo menos um ciclo de E001 depois que já assumiu entrou estado ativo (se for redundante), ou simplesmente que já executou um ciclo de E001 depois da inicialização (se não for redundante). O cálculo de PRIMATI é descrito na seção *Chamadas de P-PIDINT.xxx e P-PIDCOM.xxx*.
- AA25SL4: foi descrito e calculado nas lógicas anteriores, indicando falha grave no AL-2005 do slot 4.
- FIMCNF4: indica que a configuração do AL-2005 no slot 4 foi concluída, com ou sem erros de configuração.

A figura seguinte mostra a lógica seguinte (005).

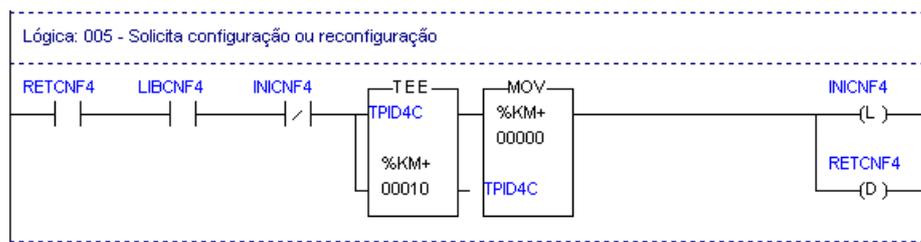


Figura 4-6. Lógica 005 de P-PIDCOM.yyy

Lógica 005:

Esta lógica dispara o início de uma configuração do AL-2005 no slot 4 (INICNF4), quando existe uma solicitação (RETCNF4) que esteja liberada (LIBCNF4), e desde que já não esteja sendo executada (INICNF4 = 0).

Os operandos RETCNF4 e LIBCNF4 são calculados em lógicas anteriores deste módulo.

O temporizador retarda o pedido em 1 segundo, e também coloca um intervalo mínimo de 1 segundo entre pedidos consecutivos de configuração que possam ocorrer em função de alguma falha sem diagnóstico retornado pelo AL-2005 (ex: quando o AL-2005 está com falha de hardware).

A figura seguinte mostra a última lógica (006) de P-PIDCOM.yyy.

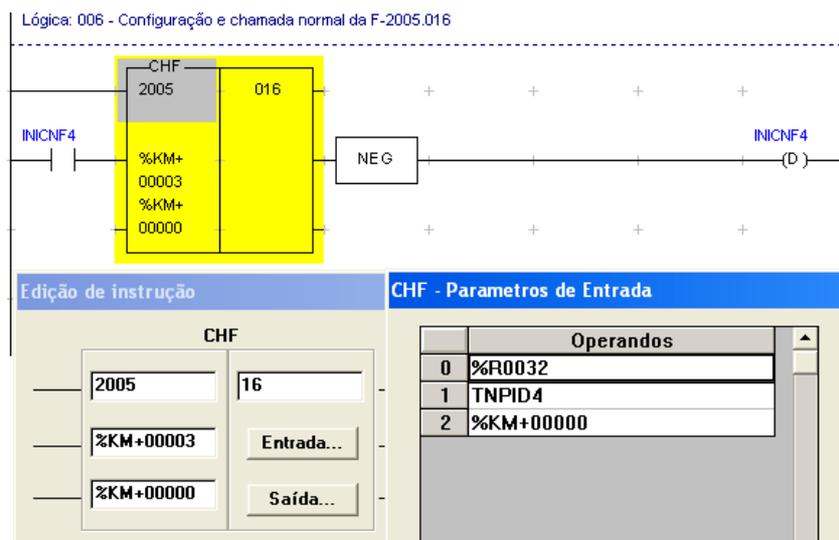


Figura 4-7. Lógica 006 de P-PIDCOM.yyy

Lógica 006:

Neste lógica é chamado o módulo F-2005.016 para executar as comunicações entre AL-2004 e AL-2005.

Observa-se que INICNF4 é utilizado para colocar a chamada em modo de configuração, sendo desligado quando a segunda saída da F-2005.016 indica que houve aproveitamento da janela de comunicação, o que pode ter acontecido para executar a configuração.

A figura também detalha os 3 parâmetros de entrada do módulo F-2005.016:

- %R0032: indica que o AL-2005 está no slot 4 ($4 * 8 = 32$)
- TNPID4: tabela de configuração para NPID100.EXE, para o AL-2005 no slot 4
- %KM00000: número da aplicação NPID100.EXE (somente 0 é permitido), que deve ser a única aplicação instalada neste AL-2005 do slot 4.

Chamadas de P-PIDINT.xxx e P-PIDCOM.xxx

Chamadas em CPs sem Redundância

Neste caso, os dois módulos podem ser chamados em qualquer lógica de E001, por exemplo, na lógica 000, como mostra a figura seguinte. Observa-se que, além da chamada dos módulos, também é calculado o operando PRIMATI, já descrito anteriormente (dentro do módulo P-PIDCOM.yyy).

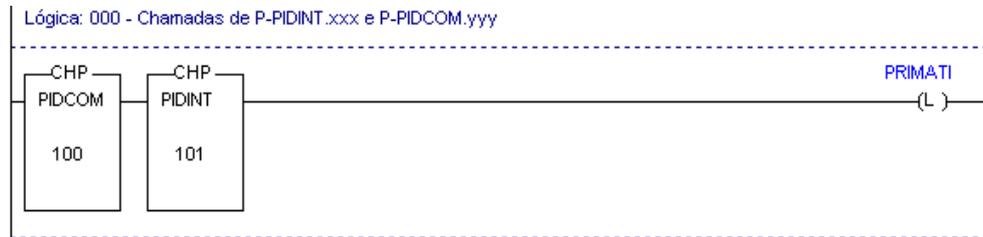


Figura 4-8. Chamada de P-PIDINT.xxx e P-PIDCOM.yyy em CPs sem redundância

Chamadas em CPs com Redundância

O módulo P-PIDCOM.yyy deve ser chamado em alguma lógica (ex: 000) dentro do módulo P-USNSAL.003 (módulo de usuário não saltável, executado tanto no CP ativo como no CP não ativo). Para maiores detalhes sobre o módulo P-USNSAL.003 em CPs redundantes com coprocessador AL-2017, consultar o **Manual de Utilização do Coprocessador de Redundância AL-2017 (MU200009)**.



Figura 4-9. Chamada de P-PIDCOM.yyy em P-USNSAL.003 em CPs redundantes

O módulo P-PIDINT.xxx deve ser chamado em alguma lógica (ex: 000) dentro do módulo P-USER.004 (módulo de usuário executado somente no CP ativo). Observa-se que, além da chamada do módulo, também é calculado o operando PRIMATI, já descrito anteriormente (dentro do módulo P-PIDCOM.yyy). Para maiores detalhes sobre o módulo P-USER.004 em CPs redundantes com coprocessador AL-2017, consultar o **Manual de Utilização do Coprocessador de Redundância AL-2017 (MU200009)**.

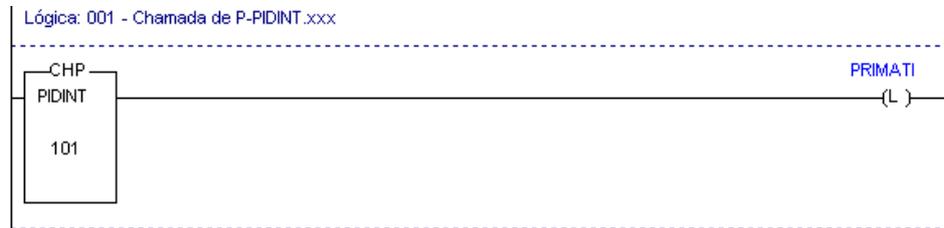


Figura 4-10. Chamada de P-PIDINT.xxx em P-USER.004 em CPs redundantes

Análise de Performance de um Sistema com NPID100.EXE

Num controlador dedicado típico, o seguinte objetivo normalmente garante uma performance satisfatória:

$$T_{cic} < \tau / 10$$

Onde:

- T_{cic} = tempo de ciclo do controlador dedicado típico
- τ = constante de tempo em malha aberta do processo mais crítico

Depois de realizada uma aplicação com NPID100.EXE, os tempos de ciclo instantâneo e médio podem ser medidos, monitorando os operandos DTINSTs e DTMEDs, definidos anteriormente. O valor DTMEDs é o mais adequado para utilizar como sendo T_{cic} .

As seções seguintes explicam como calcular o tempo de ciclo do AL-2004 e também do AL-2005. Para avaliar o objetivo traçado anteriormente ($T_{cic} < \tau / 10$), deve-se utilizar o tempo de ciclo do AL-2005 como sendo o valor de T_{cic} .

Tempo de Ciclo do AL-2004

Do ponto de vista de uma aplicação com NPID100.EXE, o tempo de ciclo do AL-2004 (T_{2004}) pode ser subdividido nas seguintes sub-tarefas, normalmente executadas na seguinte seqüência:

- T_{ent} : tempo para atualização de entradas físicas, entre as quais estão PVsnn.
- T_{intpid} : tempo dispendido para execução de tarefas de intertravamento do controle PID (módulo P-PIDINT.xxx).
- T_{compid} : tempo dispendido para execução de tarefas de comunicação do controle PID (módulo P-PIDCOM.yyy). Neste caso, deve-se observar que algumas chamadas de P-PIDCOM.yyy não resultam em comunicação efetiva com o AL-2005, o que ocorre se o AL-2005 está realizando tarefas de cálculo PID quando P-PIDCOM.yyy é chamado, e portanto não deseja se comunicar neste momento.
- T_{outras} : tempo dispendido com outras tarefas executadas pelo ladder, não diretamente relacionadas ao controle PID. Tratam-se de outras aplicações do usuário.
- T_{sai} : tempo para atualização de saídas físicas, entre as quais estão MVsnn.

Para efeitos práticos, T2004 pode ser simplificado como:

$$T2004 = Tintpid + Toutras$$

Esta simplificação pode ser feita pois os demais tempos (Tent, Tcompid, Tsai) normalmente são desprezíveis se comparados a Tintpid e Toutras.

Considerando o modelo de ladder de P-PIDINT.xxx, o valor de Tintpid pode ser calculado como:

$$Tintpid = N * 0,4 \quad (\text{ms})$$

onde N é o número de laços PID tratados. Para N = 100 laços, Tintpid = 40 ms.

O valor de Toutras depende da aplicação do usuário.

ATENÇÃO:

Os valores instantâneo e médio de T2004 pode ser medidos através do programador Mastertool.

Tempos do AL-2005

A tarefa NPID100.EXE executada pelo AL-2005 pode ser subdividida nas seguintes sub-tarefas, executadas na seguinte seqüência:

- Tespcom: tempo de espera antes da comunicação com o AL-2004. Quando o AL-2005 está pronto para se comunicar com o AL-2004, para ler/escrever os 3 blocos de operandos %M, ele fica aguardando até que o AL-2004 chame o módulo P-PIDCOM.yyy.
- Tcom: tempo de comunicação com o CP AL-2004.
- Tcalc: tempo para realização dos cálculos PID.

Para efeitos práticos, o tempo de ciclo do AL-2005 (T2005) pode ser simplificado como:

$$T2005 = Tespcom + Tcalc$$

Esta simplificação pode ser feita pois Tcom normalmente é desprezível se comparado a Tespcom e Tcalc.

O valor de Tcalc pode ser calculado como:

$$Tcalc = N * 1 \quad (\text{ms})$$

Onde N é o número de laços PID tratados. Por exemplo, para N = 100 laços PID, Tcalc = 100 ms.

O valor de Tespcom depende da relação entre Tcalc e T2004 (ver T2004 na seção anterior).

Situação 1: T2004 >= Tcalc

$$Tespcom = T2004 - Tcalc$$

Na situação 1, observa-se que:

$$T2005 = T2004$$

Situação 2: T2004 < Tcalc

Sejam:

$$I = \text{parte_inteira}(Tcalc / T2004)$$

$$R = \text{resto}(Tcalc / T2004)$$

Então:

Se $R > 0$:

$$T_{\text{espc}} = T_{2004} - R$$

$$T_{2005} = (I + 1) * T_{2004}$$

Se $R = 0$:

$$T_{\text{espc}} = 0$$

$$T_{2005} = I * T_{2004} = T_{\text{calc}}$$

Exemplo 1 da situação 2: $T_{2004} = 70$ ms, $T_{\text{calc}} = 100$ ms.

$$I = 1$$

$$R = 30$$

$$T_{\text{espc}} = 70 - 30 = 40 \text{ ms}$$

$$T_{2005} = (1 + 1) * 70 = 140 \text{ ms}$$

Exemplo 2 da situação 2: $T_{2004} = 50$ ms, $T_{\text{calc}} = 100$ ms.

$$I = 2$$

$$R = 0$$

$$T_{\text{espc}} = 0 \text{ ms}$$

$$T_{2005} = T_{\text{calc}} = 100 \text{ ms}$$

ATENÇÃO:

Os valores instantâneo e médio de T_{2005} são exibidos nos operandos $DTINSTs$ e $DTMEDs$, descritos anteriormente.