

15 – Imagem Térmica

15.1 - Imagem Térmica - Função ANSI 49

O Relé processa o cálculo do ponto mais quente da bobina.

15.1.1 – Ajustes disponíveis e sinalização

Abaixo apresentamos a tela referente a pasta MOTOR do programa aplicativo de configuração e leitura do relé. A figura 15.1, destaca a habilitação da **função 49** (proteção por Imagem térmica) bem como a sua parametrização.

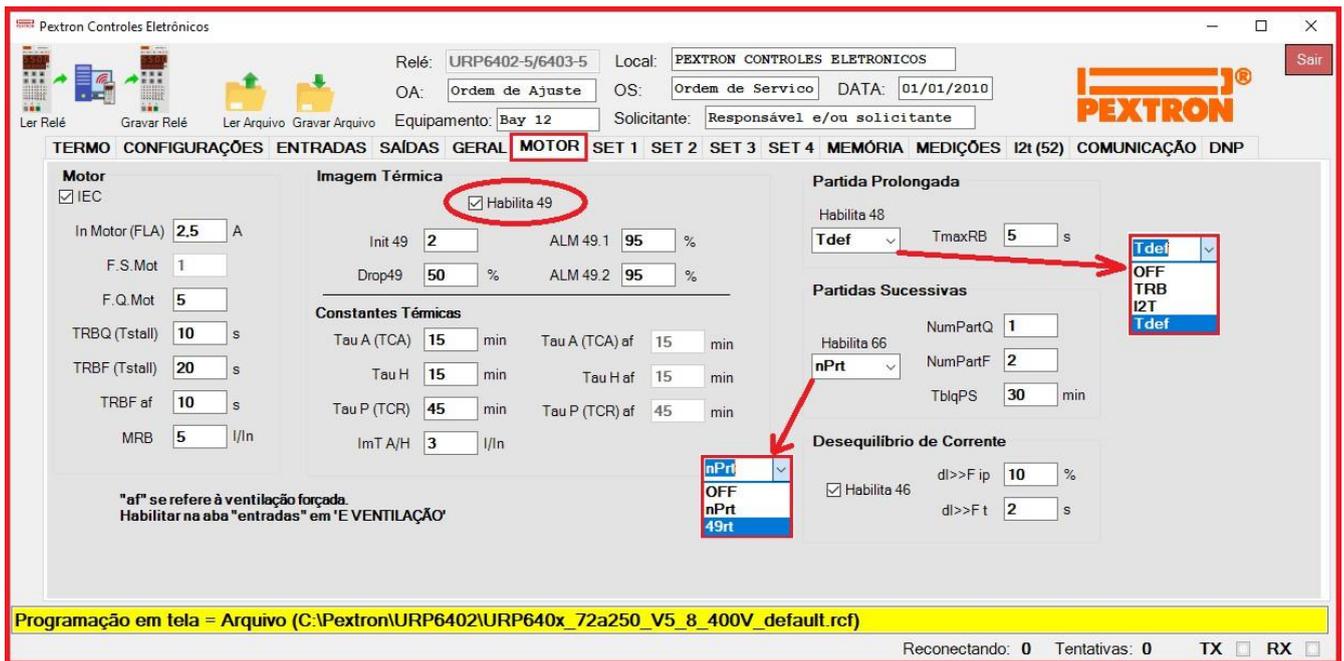


FIGURA 15.1: Tela do Programa Aplicativo, destacando a habilitação da função 49 (Imagem térmica).

| | |
|-------------|---|
| Habilita 49 | <ul style="list-style-type: none"> - habilita uma imagem térmica para cada fase do motor, utilizando a corrente equivalente de fase I_{eq} para calcular o aquecimento. - habilita uma imagem térmica do rotor utilizando a corrente I_1 para calcular o aquecimento. |
|-------------|---|

Com a **função 49** habilitada, é liberada a programação das funções **48** e **66** e na coluna "MOTOR" IEC podemos habilitar o padrão IEC.

Veja abaixo, na "Tabela de Parametrização" as alteração das "faixas de ajuste" dos parâmetros **F.S. Mot**, **Alm 49.1** e **Alm 49.2**, quando usamos e quando não usamos o **padrão IEC**:

| Parâmetro | Descrição | Faixa de ajuste | |
|----------------|---|-----------------------|--------------|
| Init 49 | Modo de inicialização da imagem térmica. | 0 | 0% |
| | | 1 | calculado |
| | | 2 | 100% |
| In Motor (FLA) | Corrente nominal do motor. | 0,1 ... 6,25 (x RTCF) | |
| F.S.Mot | Fator de serviço do motor. | Sem IEC | 1.0 ... 1.35 |
| | | Com IEC | 1 |
| F.Q.Mot (q) | Valor de ponderação do aquecimento causados por I_2/I_1 . | 0 ... 6 | |
| Drop49 | Valor percentual de desligamento do indicador lógico de TRIP da função ANSI 49. | 10 ... 99 % | |

| | | | |
|---------------------|--|---------------|--------------|
| ALM 49.1 | Porcentagem térmica para acionar indicador lógico de alarme térmico. Este alarme não tem ajuste de drop-out. | Com IEC | 60 ... 100 % |
| | | Sem IEC | 60 ... 132 % |
| ALM 49.2 | Porcentagem térmica para acionar indicador lógico de alarme térmico. Este alarme não tem ajuste de drop-out. | Com IEC | 60 ... 100 % |
| | | Sem IEC | 60 ... 132 % |
| Tau A (TCA) | Constante τ_a de aquecimento, para condições de Operação e Sobrecarga do Motor | 1... 254 min | |
| Tau H | Constante τ_h de aquecimento, para condição de Partida do Motor | 1 ... 254 min | |
| Tau P (TCR) | Constante τ_p de resfriamento, para condição de Motor Desenergizado ou em Repouso, (I/In < 5%) | 1 ... 254 min | |
| ImT A/H | Multiplo de I_n que determina a passagem de τ_a para τ_h ou τ_a af para τ_h af | 2 ... 10 | |
| Tau A af * (TCA af) | Constante τ_a af de aquecimento, para condições de Operação e Sobrecarga do Motor. <i>Com Ventilação Forçada.</i> | 1... 254 min | |
| Tau H af * | Constante τ_h af para aquecimento, para condição de Partida do Motor. <i>Com Ventilação Forçada.</i> | 1 ... 254 min | |
| Tau P af * (TCR af) | Constante τ_p af para resfriamento, para condição de Motor Desenergizado ou em Repouso, (I/In < 5%). <i>Com Ventilação Forçada.</i> | 1 ... 254 min | |
| TRBQ(Tstall) | Tempo máximo de rotor bloqueado quente. | 5 ... 240 s | |
| TRBF (Tstall) | Tempo máximo de rotor bloqueado a frio. (Se não possuir TRBF, ajustar igual a TRBQ). | 5 ... 240 s | |
| TRBF af * | Tempo máximo de rotor bloqueado a frio. Com ventilação forçada. (Se não possuir TRBF, ajustar igual a TRBQ). | 5 ... 240 s | |
| MRB | Múltiplo de rotor bloqueado a quente | 2 ... 10 | |

Tabela 15.1: Tabela de ajuste Geral.

NOTA: * af significa ventilação forçada. Habilitar em E VENTILAÇÃO na pasta ENTRADAS.

Com a função 49 habilitada, serão acrescentadas ao menu **Entradas** as programações:

| Função | Descrição | Unidade |
|--------------|---|---------|
| E R49 | Direcionamento da entrada de reset da imagem térmica | 1 ... 7 |
| E BLQ 49 | Direcionamento da entrada de congelamento da imagem térmica | 1 ... 7 |
| E Ventilação | Direcionamento da entrada de indicação de ventilação ativa | 1 ... 7 |

Tabela 15.2: Tabela das entradas da imagem térmica.

A programação dos parâmetros é realizada na pasta **ENTRADAS** do programa aplicativo de configuração e leitura do relé. A figura 15.2 sinaliza as entradas disponíveis da unidade.

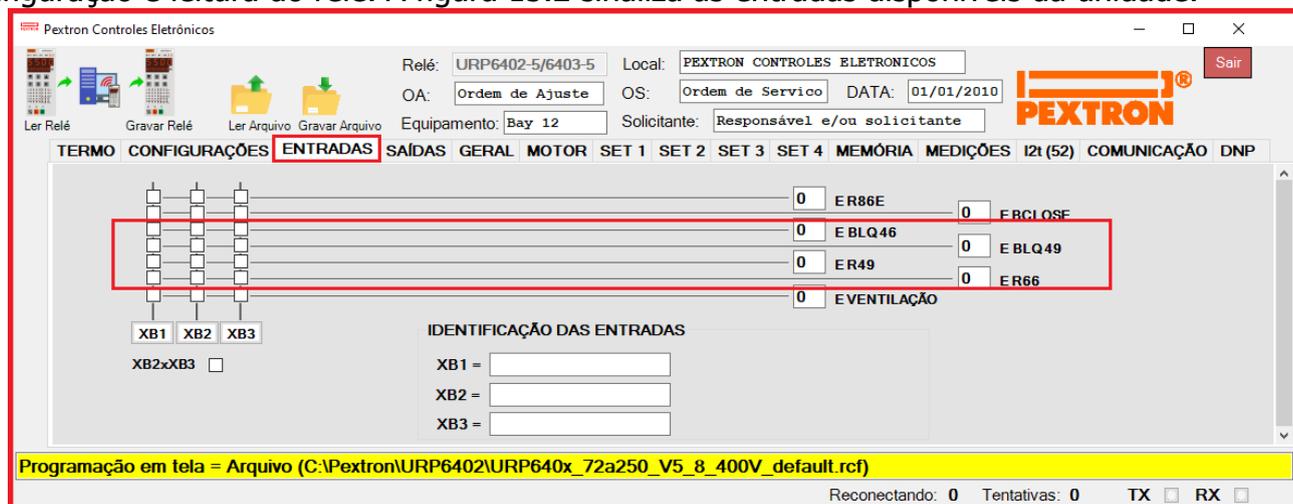


FIGURA 15.2: Programação da ENTRADA para função 49.

Com a função 49 habilitada, serão acrescentadas ao menu **Saídas** as programações:

| Função | Descrição | Unidade |
|-----------|---|----------------|
| S 49 | Direcionamento da saída de trip térmico para os relés de saída. | direcionamento |
| S Alm49.1 | Direcionamento da saída de alarme térmico 1 para os relés de saída. | direcionamento |
| S Alm49.2 | Direcionamento da saída de alarme térmico 2 para os relés de saída. | direcionamento |

Tabela 15.3: Tabela das saídas da imagem térmica.

A programação dos parâmetros é realizada na pasta **SAÍDAS** do programa aplicativo de configuração e leitura do relé. A figura 15.3 sinaliza as saídas disponíveis da unidade.

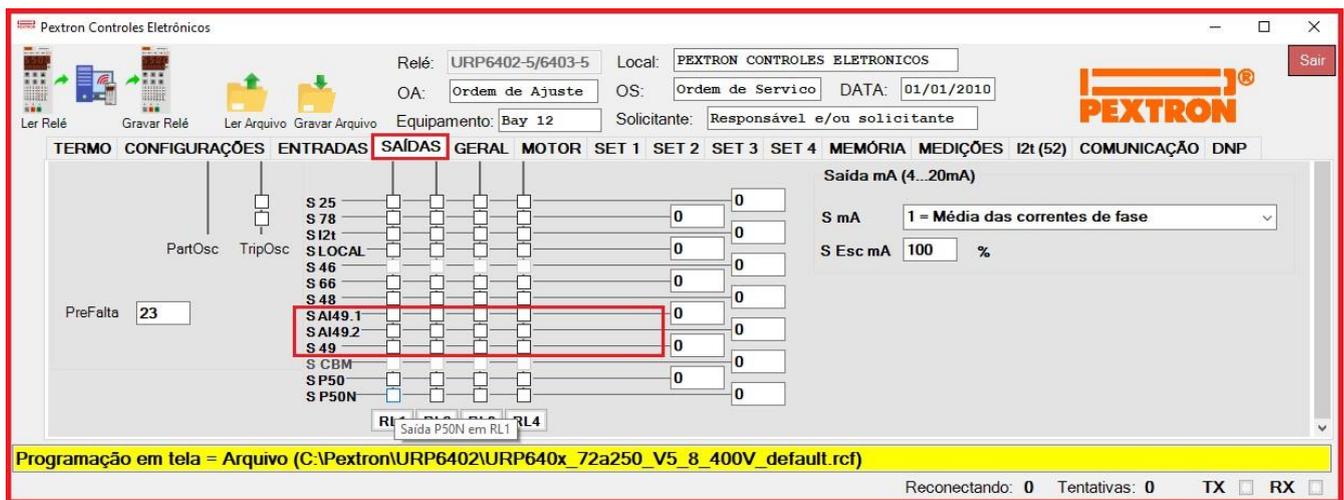


FIGURA 15.3: Programação da Saída para função 49.

15.1.2 – Funcionamento da imagem térmica

A função de proteção térmica é implementada através do cálculo da imagem térmica dos enrolamentos de fase do estator e do rotor utilizando as correntes de fase.

O cálculo da imagem térmica segue o modelamento da norma IEC 60255-149.

A imagem térmica é calculada para cada uma das fases do motor (aqui chamadas de A, B e C) e uma imagem térmica do rotor.

As imagens térmicas da fase A (Img_A), fase B (Img_B) e fase C (Img_C) são calculadas através das correntes das fases e são as proteções térmicas efetivas do estator.

Para corrente de fase igual a corrente nominal as imagens térmicas da fase A Img_A, fase B Img_B e fase C Img_C tenderão após um intervalo de tempo maior que 5 vezes τ_a a 100% ou 1PU.

Para corrente de fase diferente da corrente nominal as imagens térmicas da fase A Img_A, fase B Img_B e fase C Img_C tenderão após um intervalo de tempo maior que 5 vezes τ_a para uma porcentagem de imagem térmica igual a $(I \text{ fase} / I \text{ nominal})^2$.

A imagem térmica do rotor, Im_{48RT} , é calculada através da corrente I_1 e é a proteção térmica efetiva do rotor.

Para corrente de fase igual a corrente nominal a imagem térmica do rotor Im_{48RT} tenderá após um intervalo de tempo maior que 5 vezes τ_a a 20% ou 0,2PU do rotor (para $MRB = 5$).

Para corrente de fase diferente da corrente nominal a imagem térmica do rotor **Im48RT** tenderá após um intervalo de tempo maior que 5 vezes τ_a para uma porcentagem de imagem térmica igual a $0,2 * (I \text{ fase} / I \text{ nominal})^2$. (para **MRB** = 5).

Para a corrente de fase de rotor bloqueado a imagem térmica do rotor **Im48RT** tenderá após o tempo de rotor bloqueado a 100% ou 1PU do rotor.

As três imagens térmicas de estator são comparadas com um nível de Trip que é equivalente ao fator de serviço, **F.S.MOT**, ao quadrado, variando de 1 a 1,35 PU. Se uma delas for maior é gerado o sinal de trip térmico.

A imagem térmica de rotor é comparada com um nível de 1 PU. Se esta for maior é gerado o sinal de Trip térmico.

As três imagens térmicas de estator são comparadas com dois níveis de alarme, **ALM49.1** e **ALM49.2**, os três alarmes de cada fase são somados por lógicas "ou" gerando as saídas **SALM49.1** e **SALM49.2** que podem ser direcionados conforme as necessidades da aplicação.

A equação diferencial que calcula a imagem térmica é:

Para correntes entre 0 a 0,05 I/In, motor desenergizado:

$$U_n = \frac{\tau}{\tau + \Delta t} U_{n-1}$$

Para correntes entre 0,06 a 2,00 I/In, operação normal e sobrecarga:

$$U_n = \frac{\Delta t}{\tau + \Delta t} I_{eq\ pu}^2 + \frac{\tau}{\tau + \Delta t} U_{n-1}$$

Para correntes acima de 2,00 I/In, condição adiabática:

$$U_n = U_{n-1} + \frac{\Delta t}{\tau} I_{eq\ pu}^2$$

Onde:

U_n – Imagem térmica atual - 0,0 a 2,5 UP

U_{n-1} – Imagem térmica anterior.

Δt - período de execução da imagem térmica - 0,0625s.

τ - Constante térmica para a condição operativa do motor.

I_{eq}^2 – Corrente equivalente em U.P.

A corrente equivalente quadrática em P.U., I_{eq}^2 , para compensação do aquecimento causado no rotor pelos componentes de sequência negativa I_2 é calculado pela expressão:

$$I_{eq}^2 = \left(\frac{IA}{In} \right)^2 * \left[1 + q * \left(\frac{I_2}{I_1} \right)^2 \right]$$

Onde:

IA - Corrente da fase A. Repete-se para cada fase.

In – Corrente nominal do motor.

q – Fator de desequilíbrio, uma constante ajustável pelo usuário, proporcional à capacidade térmica do motor elétrico.

I_2 – Corrente de fase de sequência negativa.

I_1 – Corrente de fase de sequência positiva.

Nota 1: Quando um ajuste exato da resistência do rotor positivo/negativo não é fornecido pelo fabricante do motor, ou não pode ser calculado, podem ser usados valores típicos de "q" variando de 3 a 5. Este é um ajuste típico que se adequará à maioria das aplicações térmicas de motores.

É calculado um I_{eq}^2 para cada uma das fases.

I_{eq}^2 é numericamente equivalente as perdas joule no motor e sua utilização na equação diferencial resulta em um valor numérico em P.U. equivalente a temperatura interna no motor.

Para o rotor a corrente equivalente quadrática em P.U., I_{eq}^2 utiliza a corrente de sequência positiva I_1 dividida pelo múltiplo de rotor bloqueado calculado pela expressão:

$$I_{eq}^2 = \left(\frac{I_1}{MRB} \right)^2$$

Onde:

I_1 – Corrente de fase de sequência positiva.

MRB – Múltiplo do rotor bloqueado a quente.

15.1.3 - Constantes térmicas do estator:

A constante térmica de fase τ do estator pode assumir seis valores distintos, conforme a condição de operação do motor:

τ_a ou $\tau_{a\ af}$: Constante térmica de operação do motor onde o aquecimento do estator é o fator predominante (condição de operação normal ou sobrecarga).

τ_h ou $\tau_{h\ af}$: Constante térmica de operação do motor onde o aquecimento do estator é o fator predominante (condição de partida).

τ_p ou $\tau_{p\ af}$: Constante térmica de operação do motor em repouso ou desligado.

A atribuição de τ_a , τ_h , τ_p ou $\tau_{a\ af}$, $\tau_{h\ af}$, $\tau_{p\ af}$ depende da entrada de ventilação forçada (**EVENTILAÇÃO** na aba **Entradas**).

A atribuição de τ_a ou τ_h ou τ_p é controlada pela corrente utilizada no cálculo da imagem térmica segundo a seguinte regra:

| | | |
|---------------------------|---------------------|-------------------|
| $I/I_n < 5\%$ | Motor desenergizado | $\tau = \tau_p$ |
| $5\% < I/I_n < I_mT\ A/H$ | Motor em operação | $\tau = \tau_a$ |
| $I/I_n > I_mT\ A/H$ | Motor em partida | $\tau = \tau_h$. |

Onde: $I_mT\ A/H$ Múltiplo de I_n que determina a passagem de τ_a para τ_h ou de $\tau_{a\ af}$ para $\tau_{h\ af}$.

Os valores de imagem térmica são limitados a 2.5 P.U. (250%) para evitar estouros no processamento dos algoritmos.

15.1.4 - Constantes térmicas do rotor:

A constante térmica τ do rotor é calculada através do tempo de rotor bloqueado e da corrente de rotor bloqueado:

$$\tau_{a_rt} = MRB^2 TRB$$

$$\tau_{P_rt} = 5 * \tau_{a_rt}$$

A constante térmica do rotor τ pode assumir dois valores distintos conforme a condição de operação do motor.

τ_{a_rt} : Constante térmica de operação do rotor em regime normal ou sobrecarga.

τ_{p_rt} : Constante térmica de operação do rotor em repouso ou desligado.

| | | |
|---------------|---------------------|-----------------------|
| $I/I_n < 5\%$ | Motor desenergizado | $\tau = \tau_{p_rt}$ |
| $I/I_n > 5\%$ | Motor em operação | $\tau = \tau_{a_rt}$ |

O resultado de cada uma das três imagens térmicas de estator será aplicado a quatro comparador de nível térmico.

O resultado das imagens térmicas de rotor será aplicado a dois comparadores de nível térmico. Um de Trip e outro de Drop-out como será explicado a seguir.

A imagem térmica de rotor pode ser utilizada nas funções de Partida Prolongada ANSI 48, Partidas Sucessivas ANSI 66 através de programação específica explicada a seguir.

15.1.5 - Comparadores de nível térmico

1º comparador - Trip térmico

Compara o nível térmico da imagem térmica com o quadrado do fator de serviço (F.S.MOT) e define o início da ação do sinal lógico de trip.

Para **Estator**: o F.S. pode ser ajustado de 1 a 1,35

| | | | | |
|------------|---|--------|------|-------|
| F.S. | 1 | 1,05 | 1,1 | 1,15 |
| U_{nmax} | 1 | 1,1025 | 1,21 | 1,322 |

Para **Rotor**: o F.S. é fixo, sempre 1

| | |
|------------|---|
| F.S. | 1 |
| U_{nmax} | 1 |

As equações que representam a curva de tempo das imagens térmicas são:

$$T_{cf} = 60 * \tau_a * \ln\left(\frac{M^2}{M^2 - FS^2}\right)$$

$$T_{cq} = 60 * \tau_a * \ln\left(\frac{M^2 - 1}{M^2 - FS^2}\right)$$

A representação gráfica do modelo térmico com troca e constante de tempo:

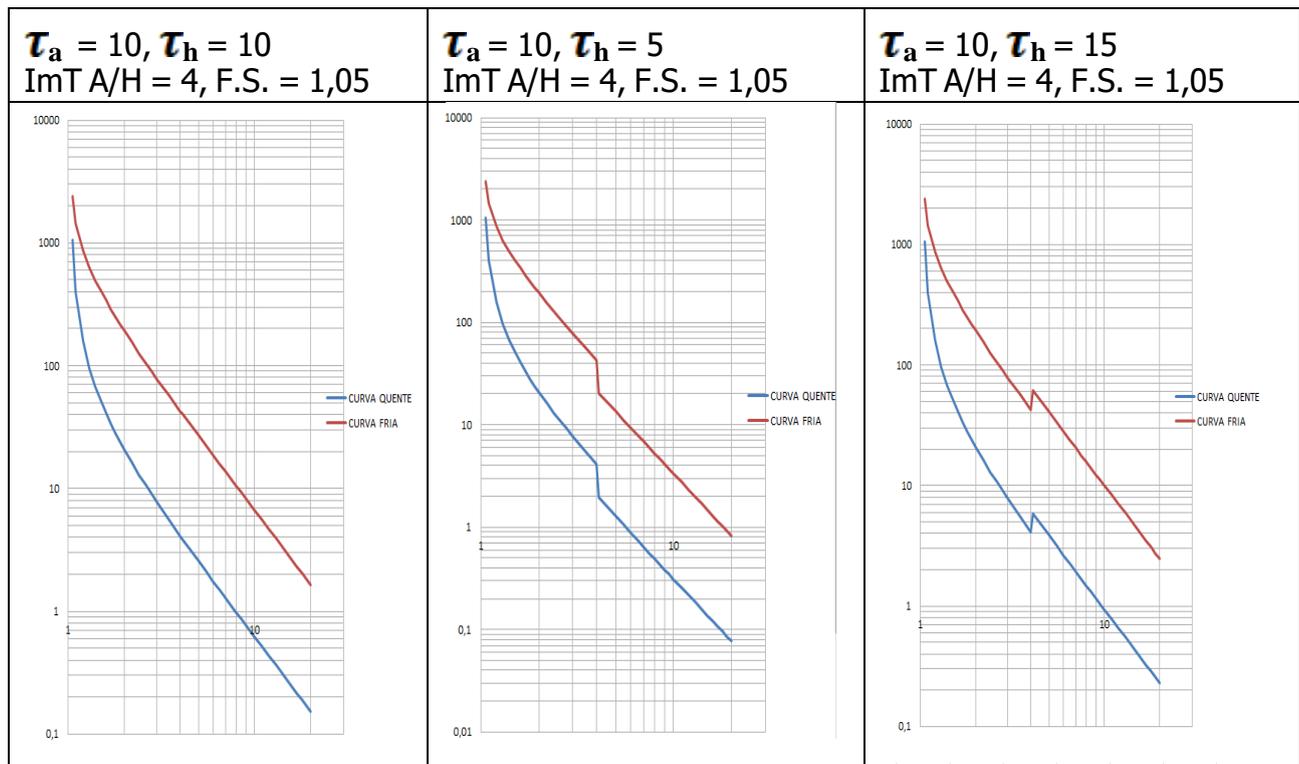


FIGURA 15.4: Representação gráfica da imagem térmica.

2º COMPARADOR - Drop-out térmico

O segundo compara o nível térmico da Imagem térmica com o valor de desligamento térmico de TRIP **Drop49** e define o final da ação do sinal lógico de trip.

Imagem térmica como bloqueio de partidas sucessivas

Quando a imagem térmica ultrapassa o valor de F.S.² o sinal lógico de trip é ligado e quando a imagem térmica cai abaixo do valor de desligamento **Drop49** o sinal lógico de trip é desligado, esta funcionalidade pode ser utilizada para prevenir uma partida indesejada do motor que possa danificar o mesmo propiciando uma maneira alternativa de implementação da proteção de partidas sucessivas.

3º e 4º comparadores Alarmes térmicos ALM49 1 e ALM49 2

Sómente aplicado as imagens térmicas de **estator**.

Comparam o nível da imagem térmica **Img** com os valores de alarme térmico ajustados em **ALM49.1** e **ALM49.2**.

Se o valor da imagem térmica **Img** estiver acima de **ALM 49.1**, é ligado o sinal lógico de alarme da função 49, **SALM 49.1**, caso contrário o mesmo é desligado.

Se o valor de imagem térmica **Img** estiver acima de **ALM 49.2**, é ligado o sinal lógico de alarme da função 49, **SALM49.2**, caso contrário o mesmo é desligado.

15.1.6 – Sinalização e atuação da imagem térmica

Os quatro sinais lógicos de trip térmicos (3 do estator e 1 do rotor) são aplicados a uma lógica 'OU' e disponibilizados para direcionamento na matriz de saída do relé. Estes sinais também serão registrados no registrador de eventos internos do relé.

Quando o produto da lógica 'OU' dos sinais de trip for verdadeiro será ligado o indicador luminoso do painel (Bandeirola - '49'), este indicador só será desligado mediante a ação local ou remota de reset de bandeirolas.

Os quatro sinais lógicos de alarme térmico (3 do estator e 1 do rotor) são aplicados a uma lógica 'OU' e disponibilizados para direcionamento na matriz de saída do relé. Estes sinais também serão registrados no registrador de eventos internos do relé.

Os valores das imagens térmicas e do horário de armazenamento são registrados periodicamente em intervalos de 30s para permitir a recomposição da imagem térmica após um desligamento do relé.

As equações que representam a curva de tempo das imagens térmicas são:

A frio
$$T_{cf} = 60 * \tau * \ln \left(\frac{I_{eq}^2}{I_{eq}^2 - FS^2} \right)$$

A quente
$$T_{ca} = 60 * \tau_a * \ln \left(\frac{I_{eq}^2 - I_{eqop}^2}{I_{eq}^2 - FS^2} \right)$$

Onde:

T_{cf} tempo na curva fria

T_{ca} tempo na curva quente

τ_a constante térmica de aquecimento

I_{eq} corrente equivalente de aquecimento

I_{eqop} corrente equivalente prévia de operação

FS fator de serviço do motor

Obs: Para testar a curva quente é necessário deixar o relé na porcentagem de pré carga por no mínimo o tempo de $5 \times \tau_a$.

15.1.7 - Visualização da imagem térmica

Os valores das imagem térmica podem ser observados no display e via serial através do programa aplicativo conforme figura 15.5.

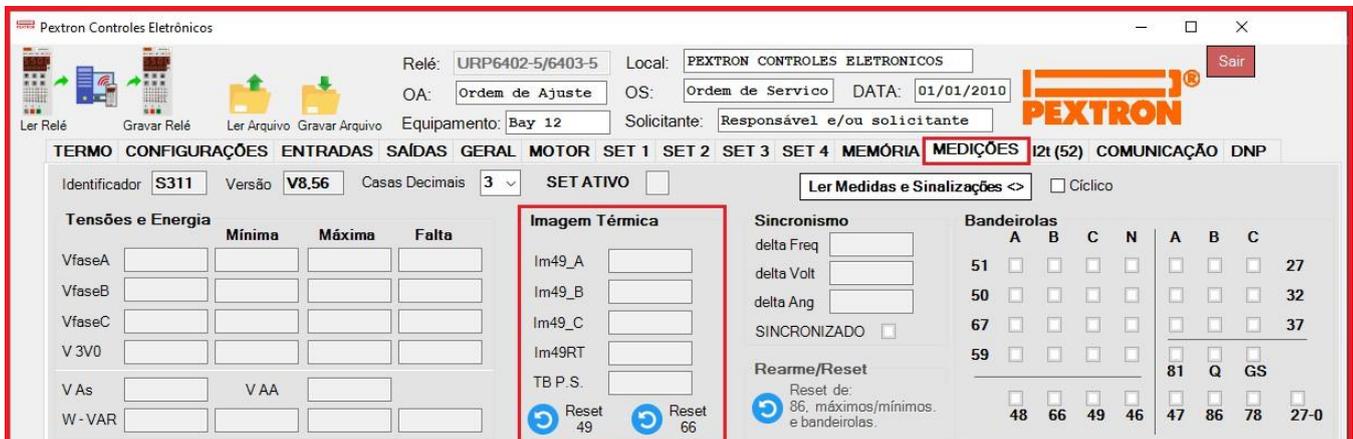


FIGURA 15.5: Visualização dos valores (%) da imagem térmica e reset de 49 e 66.

No display são observados com os mnenômico:

- **Im49_A** para a imagem térmica da fase A,
- **Im49_B** para a imagem térmica da fase B,
- **Im49_C** para a imagem térmica da fase C e
- **Im49RT** para a imagem térmica do rotor.

Para melhor facilidade de entendimento seu valor é expresso em porcentagem e não em P.U.

Ex: Se $Im_{g_A} = 0,623$ P.U. teremos a exibição em **Im49_A = 62.3**

Para consulta via serial consultar os mapas MOD-BUS e DNP-3.

15.1.8 - Reset da imagem térmica

As imagens térmicas podem ser zeradas através de um comando manual local ou remoto.

O **reset local** pode ser executado via entrada lógica desde que esta seja direcionada na matriz de entrada do relé.

O **reset remoto** pode ser executado via pontos do protocolo MOD-BUS ou DNP-3.

Para **reset** via serial consultar os mapas MOD-BUS e DNP-3.

Devido a sequência de cálculos, ao se manter zerada a imagem térmica e existir corrente passante no relé, a imagem térmica irá apresentar uma valor residual de:

$$Im_{g_0} = I^2 eq * \frac{0,0625}{0,0625 + \delta}$$

Para valores de $I_1 = 1PU$, $I_2 = 0PU$, $\tau = 2$ minutos, este valor é de 0,05%, podendo ser desprezado.

O parâmetro **Entrada/ E R49** direciona a entrada de **Reset local**.

Ao ser ligada a entrada de bloqueio associada a função **Entrada/ E R49** as imagens térmicas serão resetadas até que a entrada seja desligada.

15.1.9 - Bloqueio de imagem térmica

Se uma entrada binária for direcionada para a função de bloqueio de imagem térmica. Quando esta entrada for ativada a imagem térmica permanecerá inalterada.

O parâmetro **Entrada/ E BLQ 49** direciona a entrada bloqueio da **imagem térmica local**. Ao ser ligada a entrada de bloqueio associada a função **Entrada/ E BLQ 49** as imagens térmicas serão congeladas até que a entrada seja desligada.

15.1.10 - Processo de recuperação

Processo de recuperação da imagem térmica após desligamento do relé visa minimizar erros de cálculo de imagem térmica e o tempo de convergência entre a temperatura calculada e a real. Este processo é executado a cada energização do relé e seu comportamento é definido pelo ajuste **Init 49** como descrito a seguir:

Init 49 = 0: As imagens térmicas são zeradas após a inicialização do relé.

Init 49 = 1: As imagens térmicas são calculadas após a inicialização do relé.

Init 49 = 2: As imagens térmicas são carregadas para 100% após a inicialização do relé.

Caso escolha a opção **Init 49 = 1** será executado o processo de cálculo de interpolação para recuperação da imagem térmica na inicialização.

O processo de recuperação da imagem térmica se baseia nas equações exponenciais de primeira ordem do modelo do motor.

Aquecimento:
$$U = U_i \left(1 - e^{-\frac{t}{\delta}} \right)$$

Resfriamento:
$$U = U_i * \left(e^{-\frac{t}{\delta}} \right)$$

Como condições de contorno é necessário saber:

- 1 – As imagem térmicas antes da desenergização do relé.
- 2 – O tempo que o relé ficou desenergizado.
- 3 – Estado do motor e sua carga atual.

O Relé registra periodicamente os valores das imagem térmicas e do horário deste registro.

Ao ser reenergizado o relé estima a condição de carga pelos módulos das corrente média durante um intervalo de 2s. Durante este período são acumulados em um somatório para cada fase cerca de 240 valores e efetivadas suas médias aritméticas (**Im**).

Este valor **Im** é assumido como valor da carga do motor em todo período do desligamento.

Em seguida é tomado o horário atual e calculado o número de segundos que o relé ficou desenergizado. Este valor é convertido para frações de minutos, pois as constantes δ são expressas em minutos.

Δt = instante atual – instante do último registro da imagem térmica

Conforme o valor da corrente média na energização **Im** o relé adota a equação de modelamento adequada e calcula a imagem térmica atual.

A **Sinalização** estado da proteção é indicado nos leds da IHM local e na pasta **MEDIÇÕES** do programa aplicativo de configuração e leitura do relé.

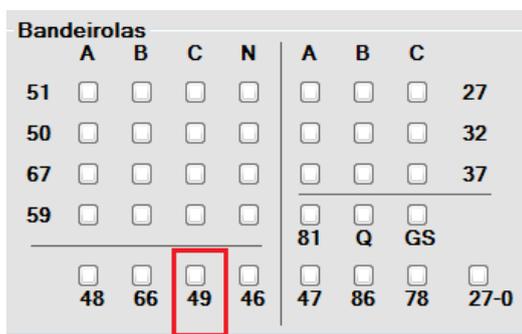


Figura 15.6: Sinalização da Proteção por Imagem Térmica.

15.1.11 – Parametrização de fábrica*

O relé vem parametrizado de fábrica conforme a tabela abaixo:

| Parâmetro | Padrão de ajuste |
|--|------------------|
| Constante térmica de aquecimento τ_a , para condições de Operação e Sobrecarga do Motor | 15 minutos |
| Constante térmica de aquecimento τ_h , para condição de Partida o Motor | 15 minutos |
| Constante térmica de resfriamento τ_p , para condição de Motor Desenergizado ou em repouso, ($I/I_n < 5\%$) | 45 minutos |
| Constante térmica de aquecimento τ_a af, para condição de Operação | 15 minutos |
| Constante térmica de aquecimento τ_h af | 15 minutos |
| Constante térmica de resfriamento τ_p af | 15 minutos |
| Múltiplo In para mudança τ_a p/ τ_h ou de τ_a af para τ_h af | 3 vezes |
| Alarme de Proteção Térmica ALM 49.1 | 95% |
| Alarme de Proteção Térmica ALM 49.2 | 95% |

Tabela 15.4: Tabela do padrão da proteção por imagem térmica.

***ajustes feitos somente para efeito de testes operacionais do relé em fábrica**

15.2 – Função ANSI 48 – Partida Prolongada

Relé de detecção de partida de motor com função 48.

15.2.1 – Ajustes disponíveis e sinalização

Esta função é habilitada através do parâmetro **Habilita 48** na aba MOTOR do programa aplicativo de configuração e leitura do relé, figura 15.7. Seleciona o tipo de proteção de rotor bloqueado em: **OFF, TRB, I2T ou Tdef**.

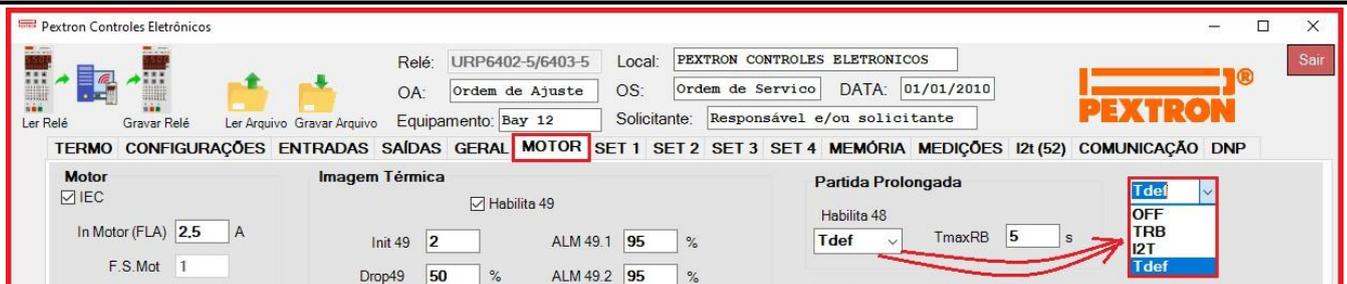


Figura 15.7: Sinaliza a habilitação da função 48.

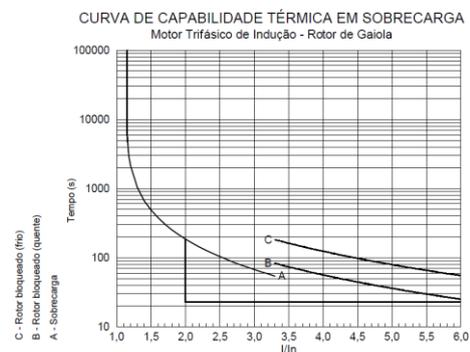
| Parâmetro | Descrição |
|-----------|--------------------------|
| OFF | Desabilitado |
| TRB | Tempo de rotor bloqueado |
| I2T | Imagem térmica do motor |
| Tdef | Tempo definido |

Tabela 15.5: Tipo de proteção de rotor bloqueado.

Funcionamento:

Modo Operação TRB: Se for escolhido modo TRB, sempre que a corrente do motor ultrapassar 2X o valor programado em In será disparado um temporizador com ajuste fixo em 97,5% do tempo programado em TRBQ. Caso a corrente não retorne abaixo de 2x a corrente nominal e o tempo for atingido será gerado um Trip pela função 48. O funcionamento pode ser visto no gráfico abaixo.

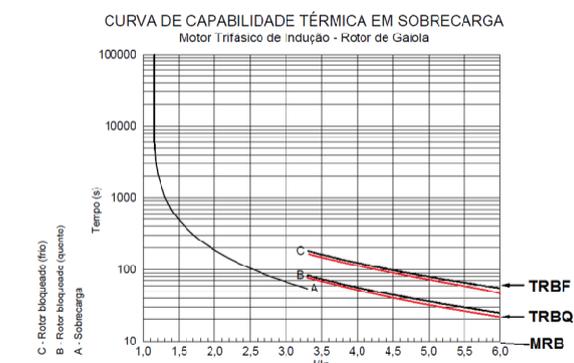
Quando esta função estiver habilitada em TRB utilizará o seguinte parâmetro:



| Parâmetro | Descrição | Faixa de ajuste |
|------------------|---|-----------------|
| TRBQ (Tstall) | Tempo máximo de rotor bloqueado a quente. | 5 ... 240 s |

Tabela 15.6: Parâmetro do motor em TRB.

Modo de operação I2T: Se for escolhido modo I2T, esta proteção utiliza a imagem térmica de rotor, gerando Trip quando esta atingir 98% e desligando o Trip quando esta atingir 96%.



Quando esta função estiver habilitada em I2T habilitará o parâmetro:

| Parâmetro | Descrição | Faixa de ajuste |
|---------------|---|-----------------|
| TRBF (Tstall) | Tempo máximo de rotor bloqueado a frio. | 5 ... 240 s |

Tabela 15.7: Parâmetro do motor em I2T.

Modo operação Tdef: Se for escolhido modo Tdef, sempre que a corrente do motor ultrapassar 2x a corrente programada em In será disparado um temporizador com ajuste de tempo feito pelo usuário. O funcionamento é análogo ao modo TRB.

Estes parâmetros podem ser programados na aba **Motor** do programa aplicativo conforme figura 15.8.

| Parâmetro | Padrão |
|-----------|------------------|
| Hab_48 | 0 - desabilitado |
| TRBQ | 10 s |
| TRBF | 20 s |
| MRB | 5 |

Tabela 15.8: Tabela padrão dos parâmetros do motor.

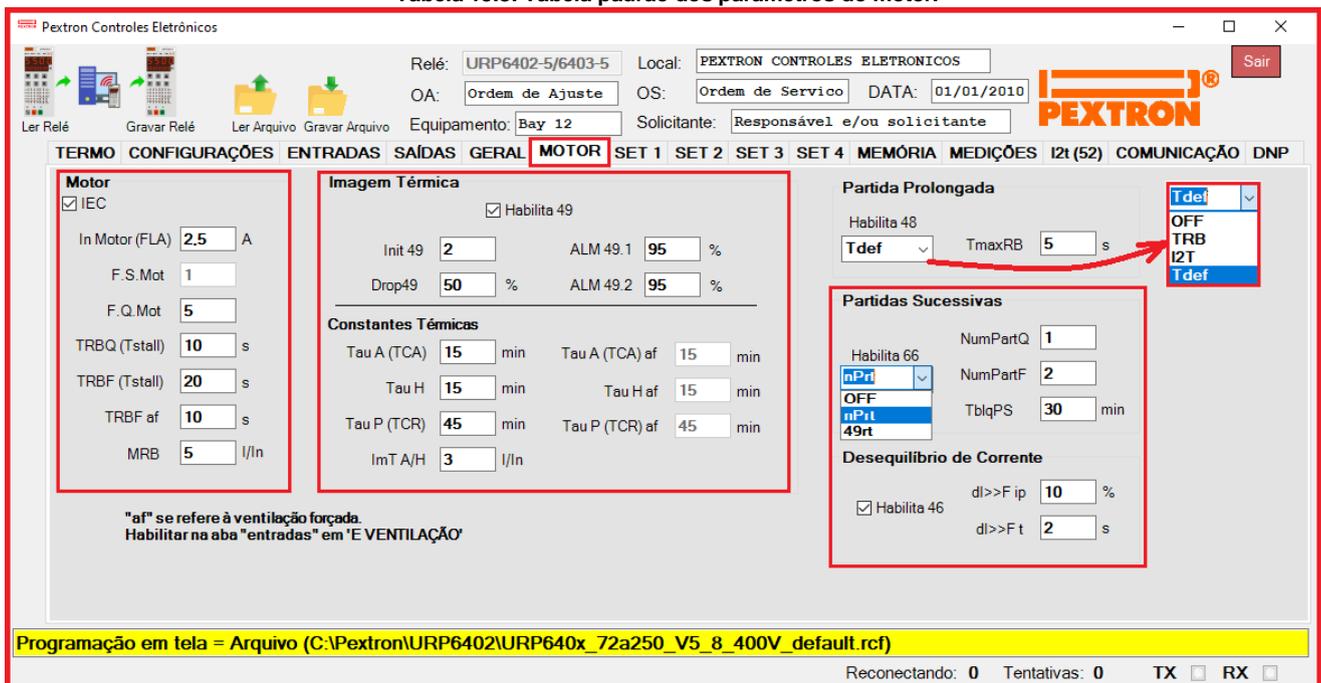


FIGURA 15.8: Parâmetros do menu MOTOR.

Quando esta função estiver habilitada será acrescentado ao menu **SAÍDAS** a programação:

| Parâmetro | Descrição | Unidade |
|-----------|---|----------------|
| S 48 | Valor de direcionamento da saída de trip por partida prolongada para os relés de saída. | direcionamento |

Tabela 15.9: Tabela da saída S48.

A programação do parâmetro é realizada na pasta **SAÍDAS** do programa aplicativo de configuração e leitura do relé. A figura 15.9 sinaliza o parâmetro disponível da unidade da partida prolongada.

A **Sinalização** do estado da proteção é indicado nos leds da IHM local e na pasta **MEDIÇÕES** do programa aplicativo de configuração e leitura do relé.

| Bandeiras | | | | A | B | C | N | A | B | C | |
|-----------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----|
| 51 | <input type="checkbox"/> | 27 |
| 50 | <input type="checkbox"/> | 32 |
| 67 | <input type="checkbox"/> | 37 |
| 59 | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | |
| | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | |

Quando esta função estiver em OFF estará desabilitada. Para habilitar escolha a opção:

| Parâmetro | Descrição | Faixa de ajuste |
|-----------|--|-----------------|
| nPrt | NumPartQ – número de partidas toleradas pelo motor quando está quente (100% IN). | 1 ... 6 |
| | NumPartF – número de partidas toleradas pelo motor quando está frio. | 1 ... 6 |
| 49rt | TblqPS – tempo de bloqueio de partidas sucessivas por Imagem térmica do rotor | 1 ... 40 min |

Tabela 15.10: Tabela da faixa de ajustes dos parâmetros do motor.

Estes parâmetros podem ser programados na aba **Motor** do programa aplicativo conforme figura 15.11.

| Parâmetro | Padrão |
|-----------|--------|
| NumPartQ | 1 |
| NumPartF | 2 |
| TblqPS | 0 |

Tabela 15.11: Tabela padrão de fábrica dos parâmetros do motor.

Quando esta função estiver habilitada será acrescida ao menu **Saídas** a programação:

| Parâmetro | Descrição | Faixa de ajuste |
|-----------|--|-----------------|
| S 66 | Direcionamento da saída bloqueio de partidas sucessivas os reles de saída. | 0 ... 15 |

Tabela 15.12: Tabela da faixa de ajuste do parâmetro de saída.

A programação do parâmetro é realizada na pasta **SAÍDAS** do programa aplicativo de configuração e leitura do relé. A figura 15.12 sinaliza o parâmetro disponível da unidade da partida sucessivas.

FIGURA 15.12: Sinaliza a SAÍDA 66 através do Aplicativo.

A **Sinalização** do estado da proteção é indicado nos leds da IHM local e na pasta **MEDIÇÕES** do programa aplicativo de configuração e leitura do relé.

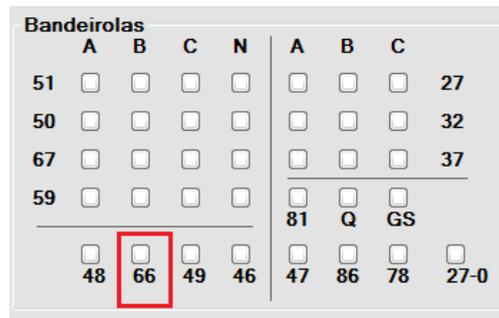


Figura 15.13: Sinalização da Proteção por Partidas Sucessivas no relé.

As normas ABNT NBR 17094 e IEC 60034-1 estabelecem para o regime de partida mínima (S1) que os motores devem ser capazes de suportar:

- Quando a frio, enrolamentos a temperatura ambiente = duas partidas sucessivas.
- Quando a quente, enrolamentos a temperatura de regime = uma partida.

Nota: Pode se consultar o fabricante do motor com os dados específicos da característica de partida para um ajuste adequado dos valores dos números de partida a quente e a frio.

15.3.2 – FUNCIONAMENTO:

Modo nPrt: Se escolhido o modo de operação nPrt a proteção de partidas sucessivas é feita por contagem de partidas.

O relé compara a componente de sequência positiva I1 com 2x a corrente nominal (2*In). Para esta proteção, correntes acima de 2*In são entendidas como corrente de partida do motor. Cada vez que o motor partir é armazenada em um fila FIFO de 6 posições um contador de tempo do início da partida com valor de tempo ajustado em **TbloqPS**. Este contador de tempo é decrementado de 1s e quando este chega a 0 a posição da fila correspondente é liberada.

Quando pelo menos um evento de partida está armazenado na fila, o relé verifica a medida das imagens térmicas das fases e se esta for menor que 50% assume o número máximo de partidas programado em **NumPartF** caso esta seja maior ou igual a 50% assume como número máximo de partidas o valor programado em **NumPartQ**.

A imagem térmica em PU é calculada segundo as condições a seguir:

Se Hab-49 = ON

$$IMG_{PU} = (IMG_{aPU} + IMG_{bPU} + IMG_{cPU}) / 3.$$

Tabela 15.13: Tabela de condições de cálculo da imagem térmica.

Onde: IMG_{aPU} = imagem térmica da fase A.

IMG_{bPU} = imagem térmica da fase B.

IMG_{cPU} = imagem térmica da fase C.

Caso exista na fila um número de eventos de partida igual ou maior que o número permitido de partidas calculadas e o motor for desligado um sinal lógico de bloqueio de partida será gerado. Esta condição será extinta assim que o tempo **TbloqPS** for alcançado.

Modo 49rt: Se escolhido o modo de operação 49rt a proteção de partidas sucessivas é feita por imagem térmica do rotor.

O nível de bloqueio de nova partida é calculado através dos parâmetros NumPartQ e NumPartF. Como mostrado na equação abaixo:

$$\text{Nível de reserva térmica} = (\text{NumPartF} - \text{NumPartQ}) / \text{NumPartF}$$

| | NumPartQ | NumPartF | Nível de reserva térmica |
|-----|----------|----------|--------------------------|
| Ex1 | 1 | 2 | 50% |
| Ex2 | 1 | 3 | 66% |
| Ex3 | 1 | 4 | 75% |

Se a imagem térmica do rotor estiver acima do nível de bloqueio e o motor for desligado um sinal de bloqueio será gerado até que a imagem térmica do rotor resfrie abaixo do nível de bloqueio.

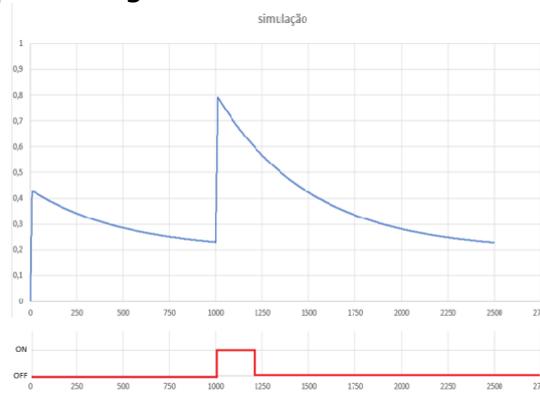


Figura 15.14: Gráfico simulado.

Na simulação acima o nível de reserva térmica é de 50%.

A primeira partida elevou a imagem térmica do motor até 44%, em seguida o motor ficou em carga e a imagem térmica do rotor convergiu para 25%. Neste instante o motor foi parado e logo em seguida foi feita a nova partida sem sucesso. Esta nova partida sem sucesso elevou a imagem térmica do rotor a 79% ultrapassando o nível de reserva térmica. Com o desligamento do motor foi gerado um sinal de bloqueio de partidas sucessivas por 200 s até que a imagem térmica do rotor esfrie abaixo dos 50%.

Indicador de tempo de bloqueio:

Quando a proteção de partidas sucessivas estiver ativa poderá ser exibido no display um contador de tempo restante de bloqueio, o **TB P.S.**, este contador é habilitado no parâmetro **Habilita timer 66** na aba **CONFIG**.

No **modo nPrt**: É utilizado um cronômetro regressivo iniciado com o valor de **TblqPS**.

No **modo 49rt**: O tempo de reset é calculado pela exponencial de resfriamento da imagem térmica do rotor, mantendo o motor bloqueado só o tempo necessário para o resfriamento do rotor até o nível de imagem térmica.

$$\text{Tempo restante de bloqueio} = \text{Ln} (\text{Nível de reserva térmica} / \text{imagem térmica do rotor})$$

Indicador lógico de bloqueio: O indicador lógico de bloqueio de partida pode ser direcionada para bloquear o comando de partida do motor através de um dos contatos de saída do relé. O direcionamento da saída lógica de bloqueio de partidas sucessivas será executada no parâmetro **S66**. É importante lembrar que para gerar bloqueio interrompendo o circuito de fechamento é necessário inverter o rele de saída através do parâmetro **S INV** da matriz de saída.

O bloqueio de partida e o tempo de bloqueio podem ser resetados simultaneamente, manualmente por um comando local via binária de entrada ou remotamente através de um comando via canal de comunicação serial.

O parâmetro **E R66** direciona a entrada de reset do bloqueio de partidas sucessivas. A figura 15.15 mostra a programação através do aplicativo.

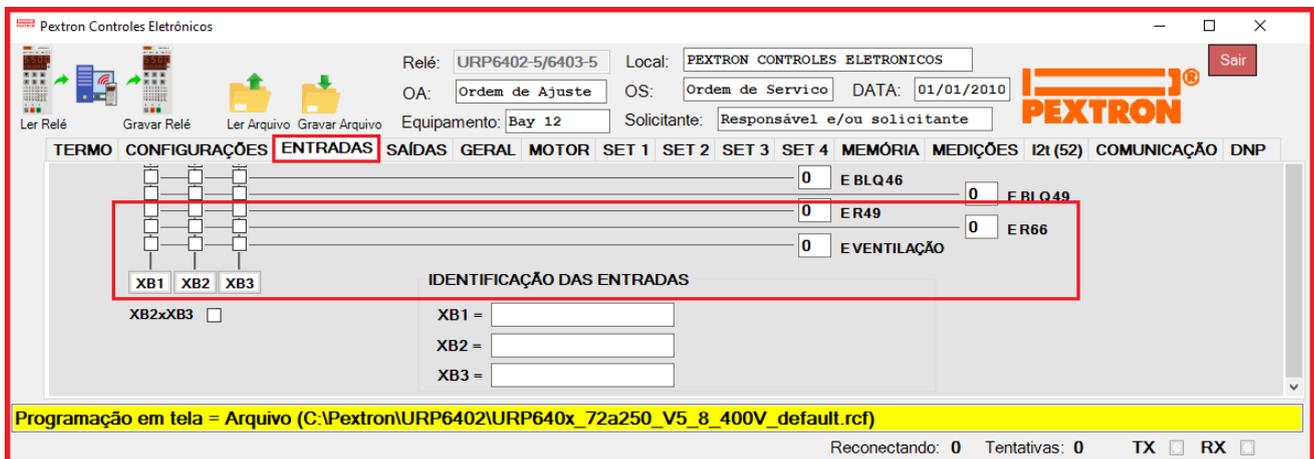


FIGURA 15.15: Programação da entrada de reset do bloqueio de partidas sucessivas (R66).

Quando a entrada de bloqueio associada a função **E R66** for ligada a proteção de partida sucessiva será resetada.

A contagem de tempo de bloqueio será sinalizada através do **LED 66** no painel frontal do relé. Este LED é intermitente e não possui retenção, sendo desligado automaticamente ao final do tempo de partida.

Se desejar observar o tempo restante para o fim do bloqueio é possível habilitar no indicador de grandezas frontal do relé um cronômetro regressivo de tempo de bloqueio.

Para habilitar este cronômetro habilite a função **Habilita timer 66** (CONFIG) e escolha na função **Habilita 66** (MOTOR) a opção **nPrt** ou **49rt**.

Em seguida utilize a tecla de navegação **▲** até visualizar no display alfanumérico o mnemônico **TB P.S.** na IHM.

Para ajustar o tempo de bloqueio através do Programa Aplicativo, na pasta CONFIG, "Medições em display", "habilita Timer 66" e na pasta MOTOR (Habilita 66) parametrizar **TblqPS**. Visualizar o tempo na pasta Medições conforme figura 15.17.

| Parâmetro | Padrão |
|-----------|------------------|
| Hab_T66 | 0 - desabilitado |

Tabela 15.14: Tabela padrão da partida sucessiva mostrada no display.

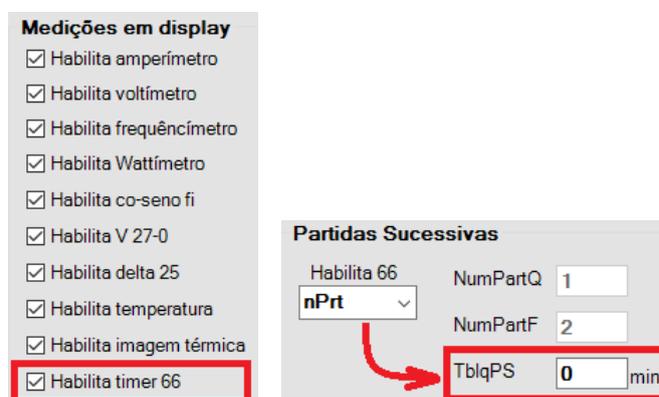


FIGURA 15.16: Habilita mostrar o temporizador de partidas sucessivas no display.

Imagem Térmica

Im49_A

Im49_B

Im49_C

Im49RT

TB P.S.

R Reset 49 R Reset 66

FIGURA 15.17: Pasta MEDIÇÕES - Cronômetro regressivo para Tempo restante de bloqueio de partidas sucessivas.