

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.

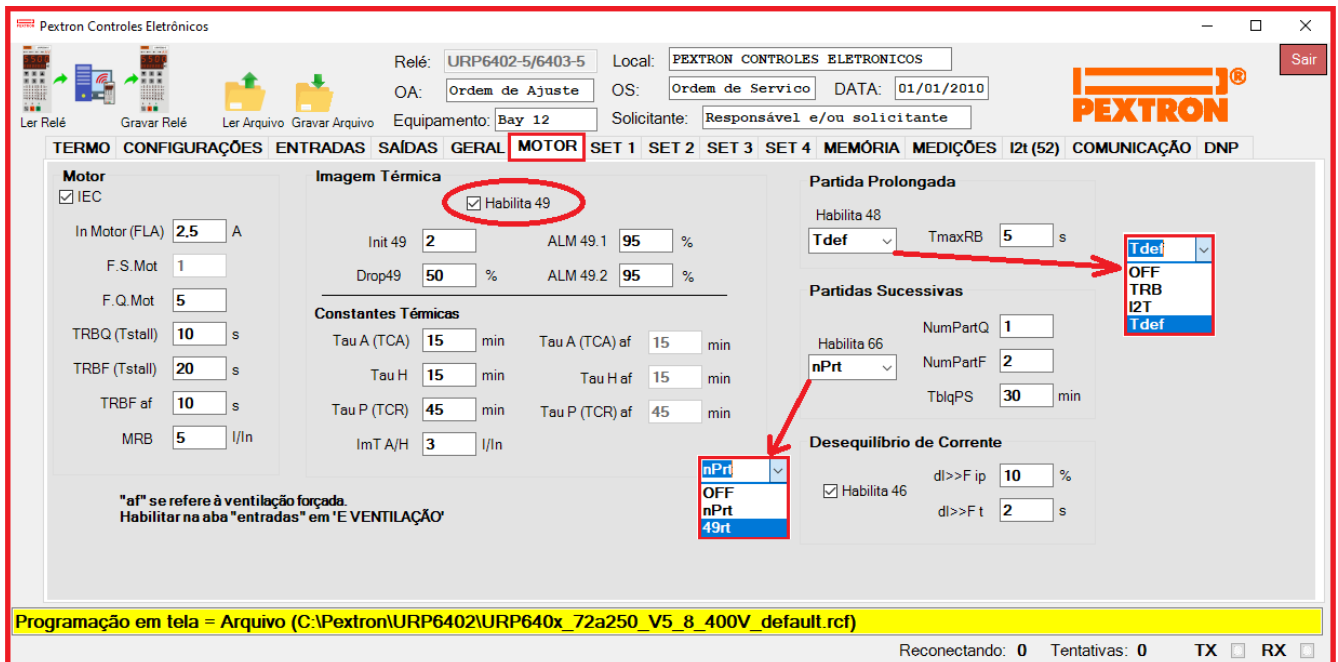


FIGURA 15.1: Tela do Programa Aplicativo, destacando a habilitação da função 49 (Imagem térmica).

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, ($I/I_n < 5\%$)	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, ($I/I_n < 5\%$). <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.

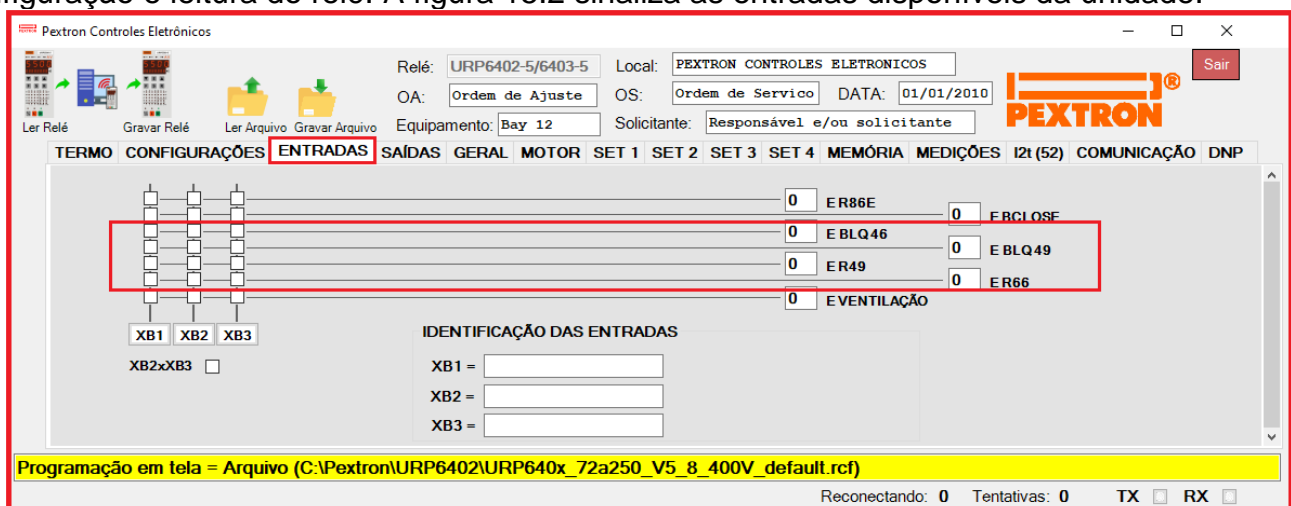


FIGURA 15.2: Programação da ENTRADA para função 49.

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.

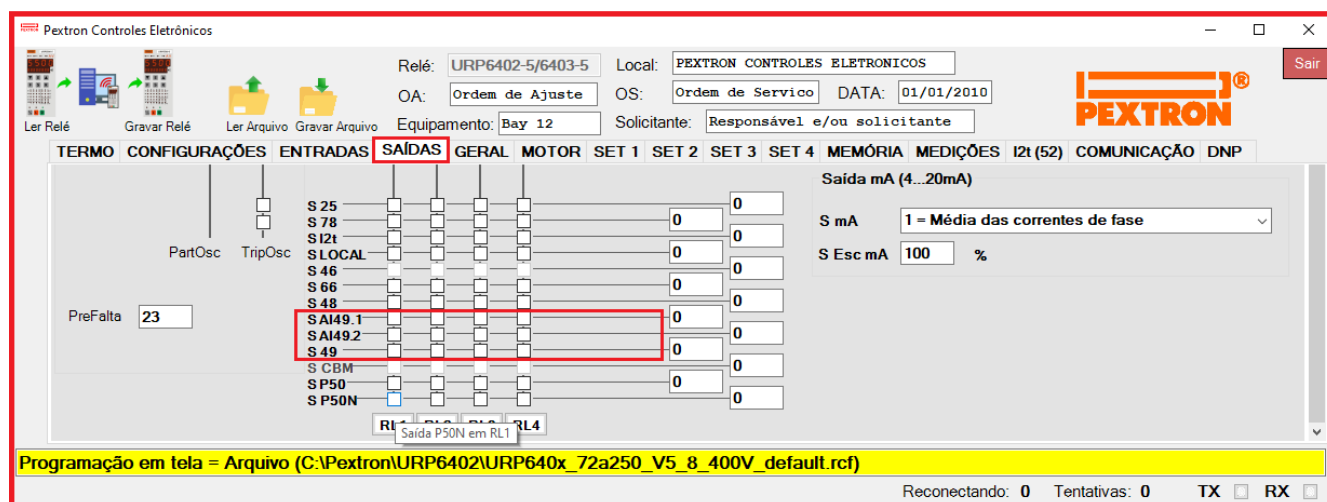


FIGURA 15.3: Programação da Saída para função 49.

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 (I_{mg_A}), fase B (I_{mg_B}) e fase C (I_{mg_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 I_{mg_A} , fase B I_{mg_B} e fase C I_{mg_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 I_{mg_A} , fase B I_{mg_B} e fase C I_{mg_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, I_{m48RT} , 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 I_{m48RT} 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 usado 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 às 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/In < 5% Motor desenergizado $\tau = \tau_{p_rt}$

I/In > 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:

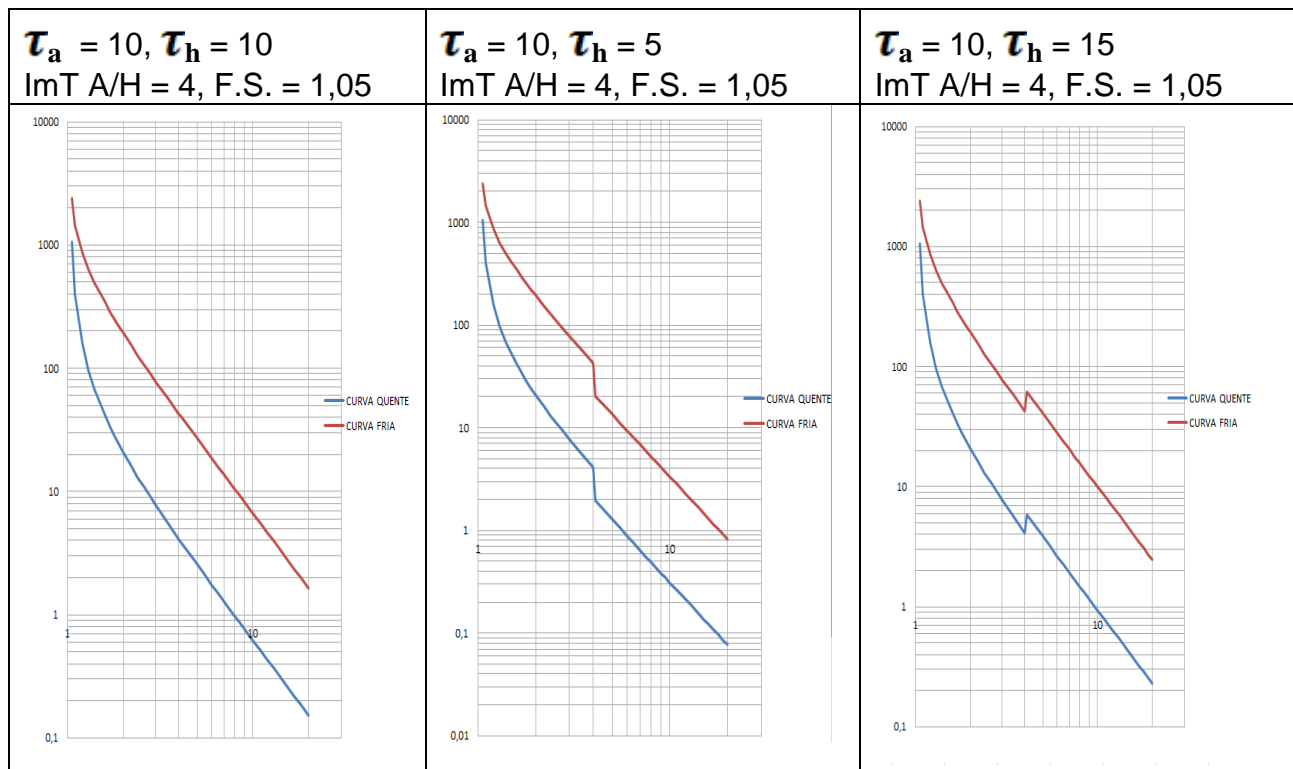


FIGURA 15.4: Representação gráfica da imagem térmica.

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 sucessiva.

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.

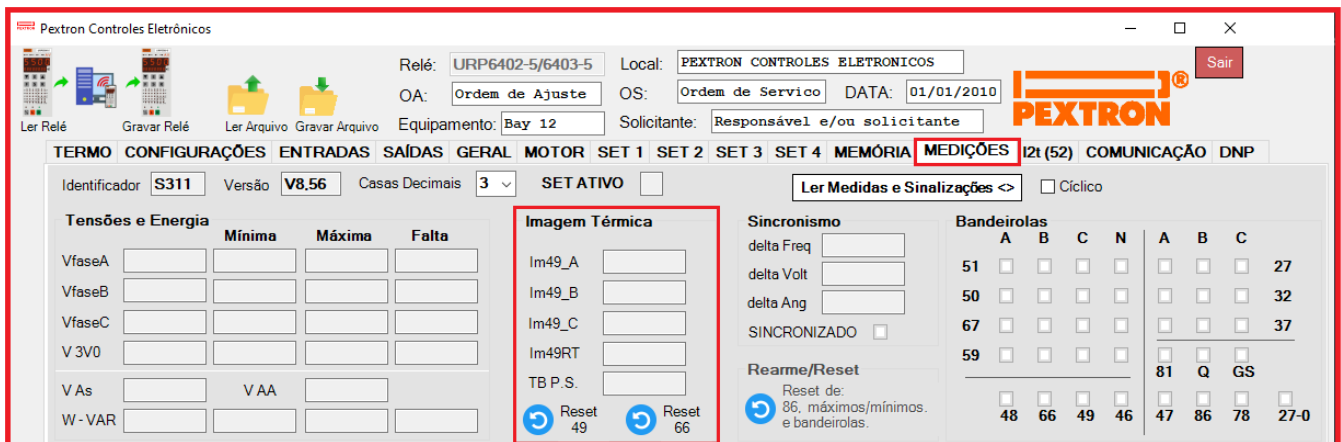


FIGURA 15.5: Visualização dos valores (%) da imagem térmica e reset de 49 e 66.

No display são observados com os mnemônico:

- **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.

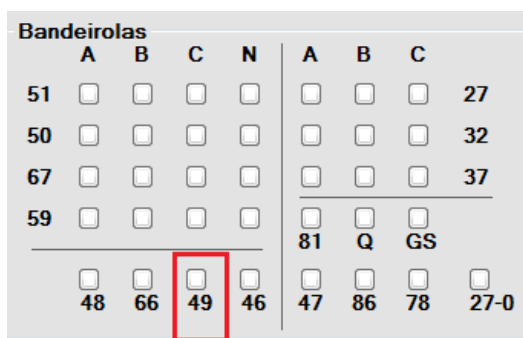


Figura 15.6: Sinalização da Proteção por Imagem Térmica.

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 I_n 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**.

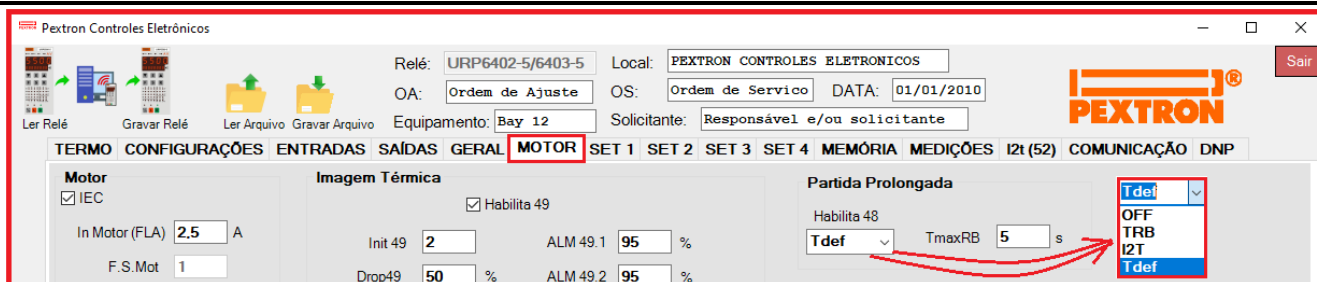


Figura 15.7: Sinaliza a habilitação da função 48.

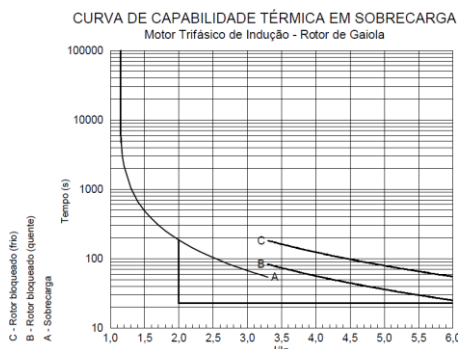
Parâmetro	Descrição
OFF	Desabilitado
TRB	Tempo de rotor bloqueado
I2T	Imagem térmica do motor
Tdef	Tempo definido

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.

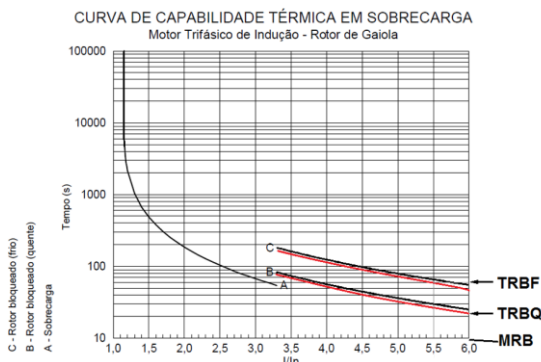
Quando esta função estiver habilitada em **TRB** utilizará o seguinte parâmetro:



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.

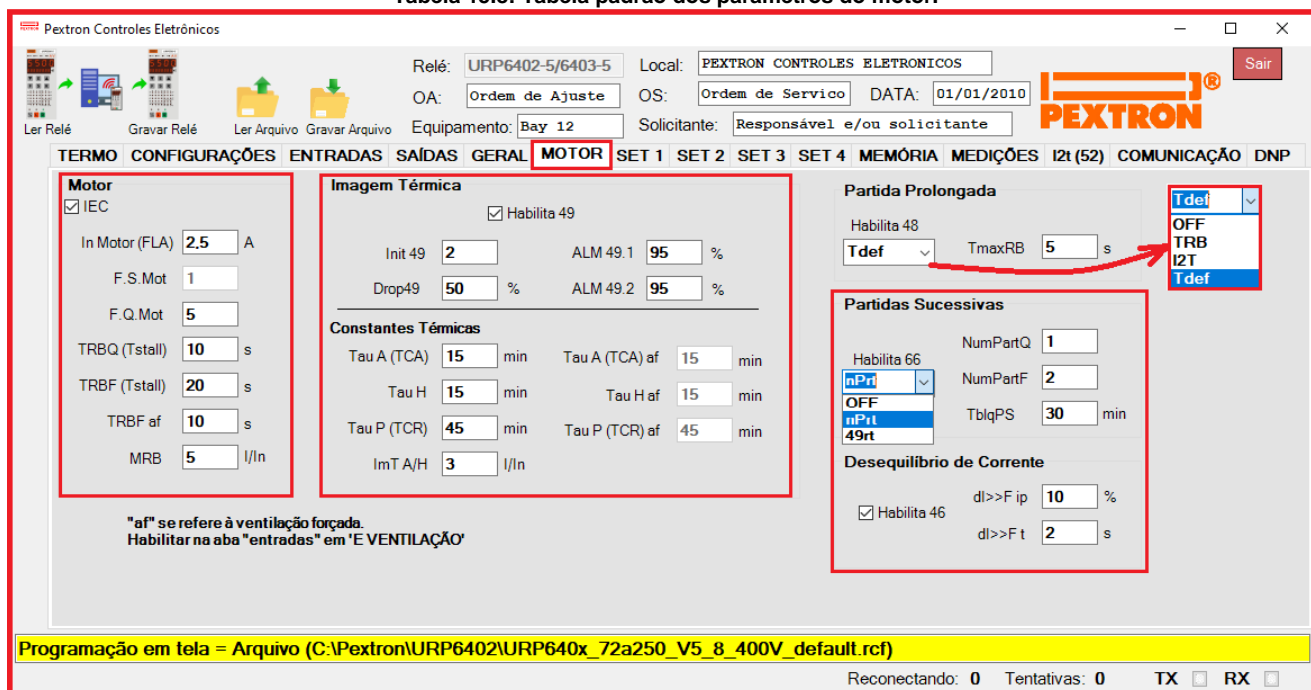


FIGURA 15.8: Parâmetros do menu MOTOR.

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"/>	<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"/>	27
50	<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"/>	32
67	<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"/>	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"/>	81 Q GS
48	<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"/>	27-0

Figura 15.9: Sinalização da Proteção da Partida Prolongada 48.

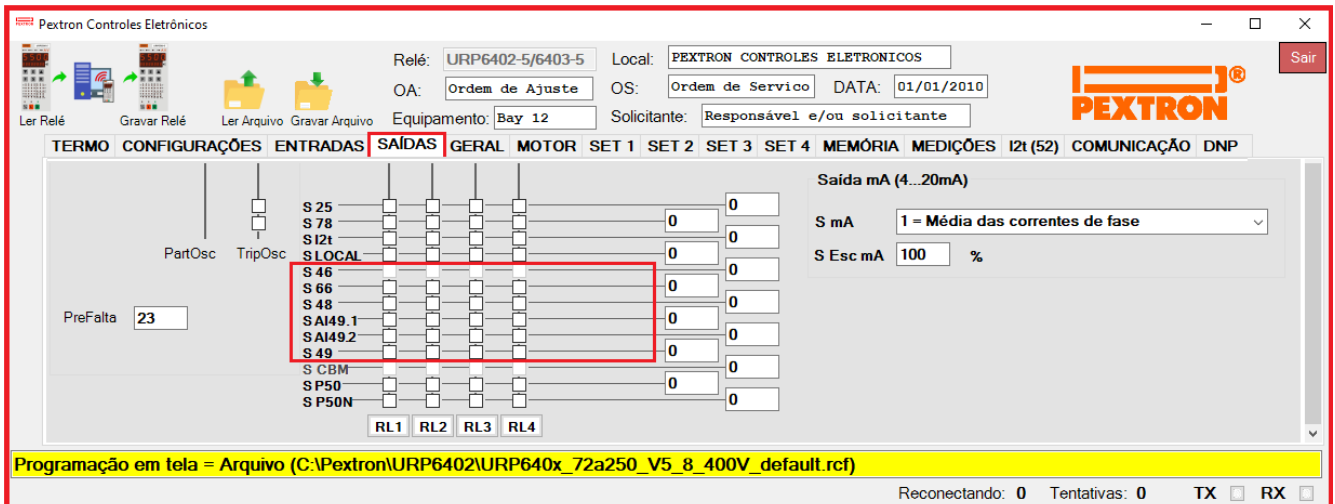


FIGURA 15.10: Sinaliza a saída 48 e a nova saída AI49.2.

15.3 – Função ANSI 66 – Bloqueio de partidas sucessivas

Relé de detecção de partidas sucessivas com função 66.

15.3.1 – Ajustes disponíveis e sinalização

Esta função é habilitada através do parâmetro **Habilita 66** programando para **nPrt** ou **49rt**. Na pasta MOTOR do programa aplicativo de configuração e leitura do relé a figura 15.11 sinaliza a função 66 da proteção por Partidas Sucessivas.

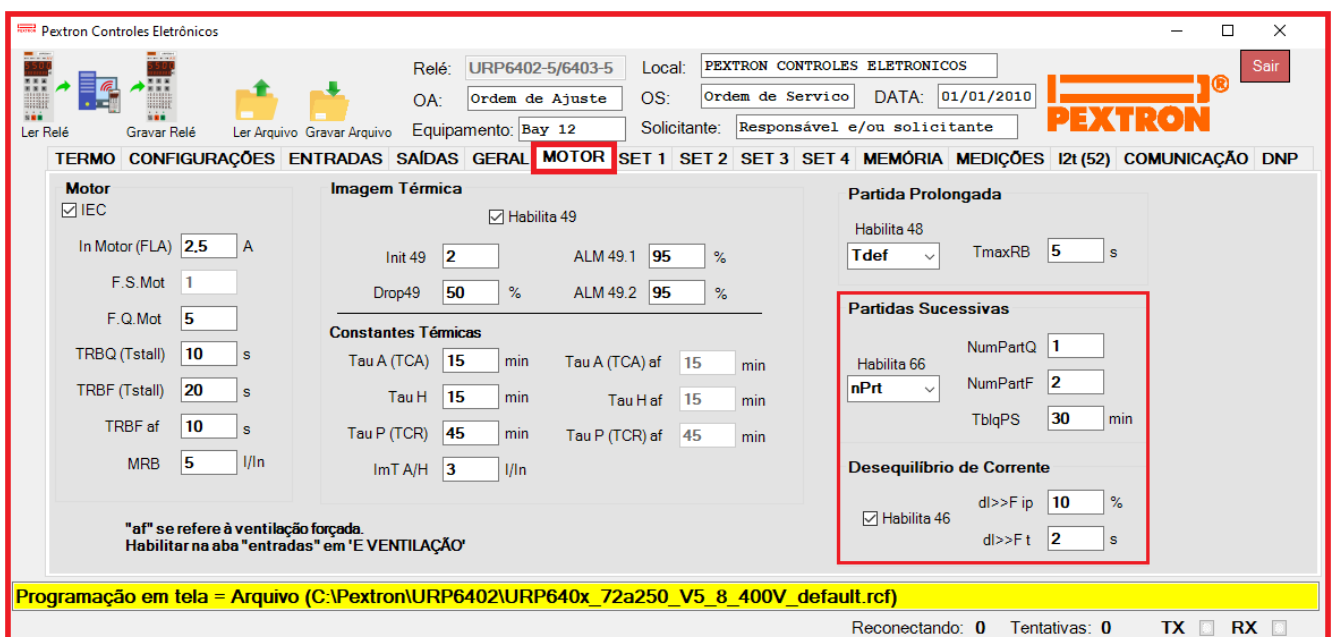


FIGURA 15.11: Sinaliza a habilitação da função 66.

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.

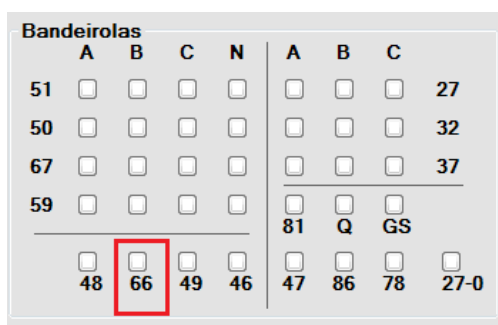


Figura 15.13: Sinalização da Proteção por Partidas Sucessivas no relé.

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 **TblqPS**. 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 T_{bloqPS} 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 termica
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.

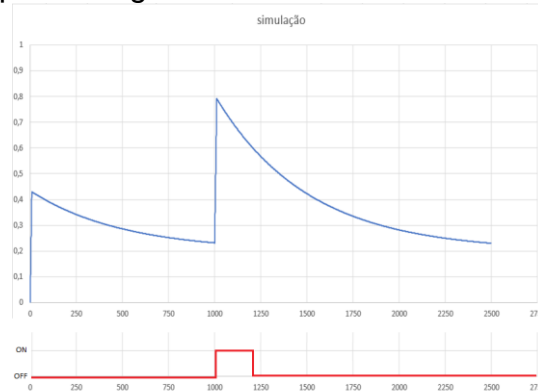


Figura 15.14: Gráfico simulado.

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.

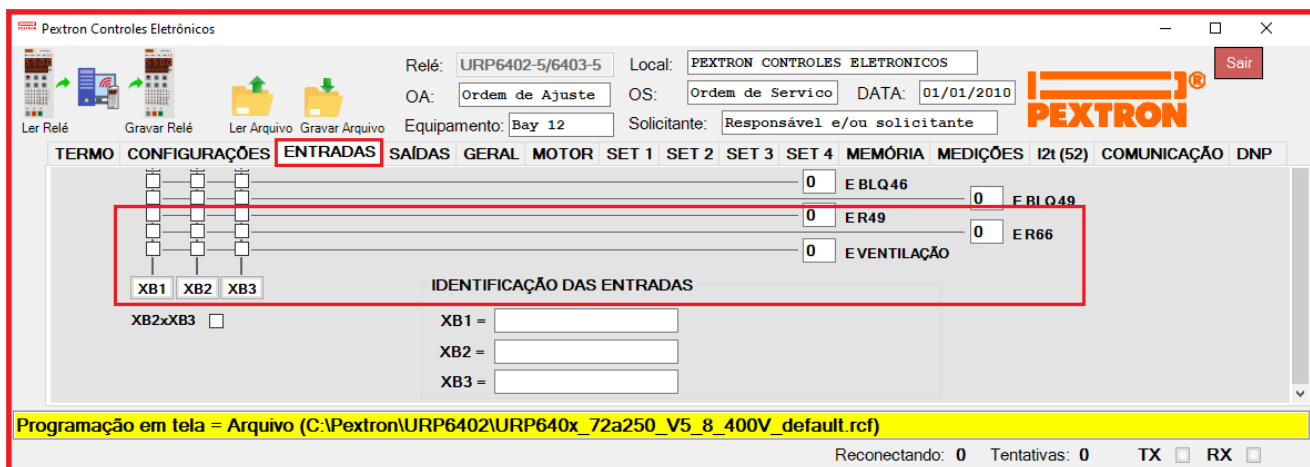


FIGURA 15.15: Programação da entrada de reset do bloqueio de partidas sucessivas (R66).

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.

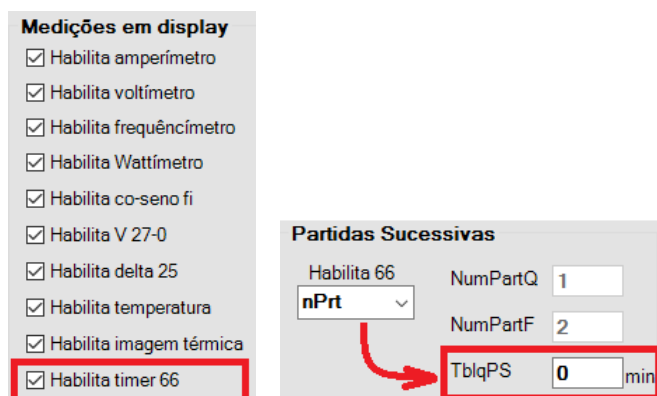


FIGURA 15.16: Habilita mostrar o temporizador de partidas sucessivas no display.

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.