MANUAL TÉCNICO

Controlador de Temperatura

MFC-300/T

Versão com 12 relés

Licht
www.licht-labs.com

Conteúdo

1. Introdução 3
2. Itens a Destacar 4
3. Princípio de Operação 4
4. Indicações 9
5. Configuração 10
6. Parâmetros Programáveis 12
7. Especificações 19
8. Observações 20
9. Revisão e Histórico 20

Anexo A – Alojamento 21
Anexo B – Flange Adaptadora frontal 96x96 23
Anexo C – Diagrama de Conexões 24
Anexo D – Ficha de Ajustes 25
Anexo E – Registradores Modbus 26
Anexo F – Registradores Modbus Associados a Eventos 28

Licht
www.licht-labs.com
+55 11 **3731-3188** | Fax: +55 11 **3731-3444**
info@licht-labs.com | R. Gastão do Rego Monteiro, 480
São Paulo | SP | 05594-030 | Brasil

Copyright 2017 Licht-Labs © Todos os direitos reservados

1. Introdução

O MFC-300/T é um sistema microcontrolado de alta precisão, confiabilidade e versatilidade desenvolvido especialmente para utilização em transformadores de força. O MFC-300/T foi projetado para realizar a leitura, cálculo, indicação e transmissão das temperaturas dos pontos mais quentes do óleo e de até 3 enrolamentos, e ativar sistemas de resfriamento, alarme e desligamento conforme necessário. A temperatura do óleo é medida diretamente através de RTDs (resistance temperature detectors). Temperaturas de enrolamentos são inferidas a partir da avaliação dos seguintes parâmetros:

- A temperatura do ponto mais quente do óleo (top oil).
- Correntes proporcionais à carga em cada enrolamento.
- Gradientes de temperatura de cada um dos enrolamentos sobre o óleo.
- O expoente de correção para cada tipo de resfriamento.

Uma vez que todas as temperaturas são conhecidas, o sistema ativa se necessário sistemas de resfriamento ou alarme (desligamento) utilizando set-points pré-programados. Entre os recursos disponíveis, destacamos: até 6 entradas compensadas e auto-calibradas para leitura de RTDs, 3 entradas AC true-RMS isoladas, uma porta RS-485 isolada, uma porta USB, 10 relés com retardo e set-point configuráveis, 2 pares de relés com alternância de atuação configurável e 4 saídas de corrente.

O MFC-300/T compartilha o mesmo fator de forma reduzido de outros controladores Licht para transformadores, como o relé regulador MFC-300/R e o controlador de paralelismo MFC-300/P. Todos os sinais que entram e saem do controlador são isolados galvanicamente dois a dois, impedindo que ruídos e transitórios sejam transferidos entre subcircuitos ou retransmitidos a outros equipamentos.

Figura 1.1. Controlador MFC-300/T (versão 96x48)

Copyright 2017 Licht-Labs © Todos os direitos reservados

2. Itens a Destacar

O MFC-300/T foi desenvolvido para operação estável sob condições severas. Seu projeto incorpora mecanismos de proteção e redundância para evitar a ocorrência de falhas. Essas são algumas medidas incorporadas em seu projeto:

- A aquisição de temperaturas é feita com resolução de 16 bits. Sinais DC são amostrados somente após um filtro com rejeição 50/60 Hz superior a 100 dB.
- Os sinais de corrente alternada representativos da carga do transformador são isolados por micro TCs de alta precisão/linearidade. Estes TCs transferem os sinais por meios magnéticos, o que garante que suas características não sofrem alteração com o tempo.
- Os TCs apresentam isolamento superior a 2500 V, 60 Hz, 1 min. entre primários e secundários.
- Nos sinais de corrente alternada, são considerados somente os valores eficazes (RMS). Assim sendo, o sistema não considera valores transitórios que poderiam causar picos espúrios de temperatura.
- Ruídos e transitórios normalmente presentes em canais de comunicação não podem ser transferidos ao interior do aparelho. Os canais de comunicação têm isolação galvânica plena contra os demais pontos do aparelho.
- O aparelho automaticamente aciona um contato para alarme (desligamento) e todos os contatos de resfriamento forçado caso haja rompimento de RTDs.
- Todos os componentes são para uso industrial (classe 85 ◦C). Assim sendo, a operação contínua pode ser em até 70 ◦C.
- Possui alimentação auxiliar isolada para 80-260 Vcc/Vca.

3. Princípio de Operação

3.1. Princípio Geral

O propósito principal do MFC-300/T é o monitoramento de temperaturas e a ativação de sistemas de resfriamento. Este controlador pode incorporar até 6 entradas para RTDs com compensação de comprimento de cabos e linearização da resposta de temperatura particular a cada tipo de sensor. O primeiro RTD mede a temperatura mais alta do óleo, enquanto os RTDs restantes (se instalados) podem ser usados para outros propósitos. O MFC-300/T pode medir as correntes de até 3 enrolamentos, que são usadas para inferir as temperaturas dos mesmos. Para corretamente modelar o transformador em questão, os parâmetros a seguir devem ser configurados pelo usuário:

- A corrente nominal de cada enrolamento.
- O gradiente de temperatura cobre/óleo (em carga nominal).
- A constante de tempo para os enrolamentos.
- O fator de correção para o tipo de resfriamento.

Copyright 2017 Licht-Labs © Todos os direitos reservados

Neste manual denotaremos por canal um identificador de RTD ou de enrolamento. O MFC-300/T possui 10 relés configuráveis pelo usuário, e cada um deve ser associado a um canal. Por exemplo, o relé associado ao RTD #2 somente responde a variações de temperatura do RTD #2.

Uma vez calculadas as temperaturas, o aparelho é responsável por acionar sistemas de alarme, desligamento ou resfriamento baseado em set-points pré-definidos. Existem 10 set-points de temperatura programáveis, correspondentes a 10 relés. Cada relé pode ser associado à temperatura de um RTD ou à temperatura de um determinado enrolamento. Existem também 10 set-points de corrente configuráveis, correspondentes aos mesmos 10 relés. Estes permitem que sistemas de alarme, desligamento ou resfriamento sejam acionados com base nas correntes dos enrolamentos. A decisão de atuar ou não um relé pode não depender exclusivamente da temperatura associada ao mesmo, mas também de outros parâmetros que podem ser programados pelo usuário. Por exemplo, um relé pode ser configurado para estar permanentemente atuado ou desatuado. No evento de falha de RTD por desligamento da ligação ou curto-circuito, o MFC-300/T automaticamente atua todos os relés associados ao resfriamento.

Se a temperatura de um canal for superior à de um set-point de temperatura a ele aplicável, é iniciada uma contagem regressiva. Existe um timer por set-point de temperatura, responsável por atuar um relé associado no instante de sua expiração. Analogamente, quando a corrente de um enrolamento excede um set-point de corrente a ela aplicável, é iniciada uma contagem regressiva. Existe um timer por set-point de corrente, responsável por atuar um relé associado no instante de sua expiração. Timers de corrente e temperatura são independentes. O limiar de atuação de um relé é igual ao seu set-point. No entanto, seu limiar de desatuação é viesado por meio de uma constante que denotamos histerese. Se o limiar de desatuação fosse igual ao de atuação, o resfriamento seria ligado e desligado intermitentemente enquanto o transformador permanecesse no valor de limiar. Para evitar que isso ocorra, cada set-point está associado a um valor configurável de histerese. Apresentamos abaixo o diagrama de decisões pertinente a atuações para um relé k, onde:

- Tk é a temperatura do canal;
- Ik é a corrente do canal;
- SPTk é o set-point de temperatura;
- HTk é a histerese de temperatura;
- SPIk é o set-point de corrente;
- HIk é a histerese de corrente.

Note que Ik, SPIk e HIk estão somente definidos quando o relé k está associado a um canal de enrolamento. Relés associados a canais de RTD não respondem a medidas de corrente. Relé dedicados a funções de resfriamento podem também ser atuados diariamente com horário e duração configuráveis. A atuação diária de bombas e ventiladores em regiões frias é desejável para manter partes mecânicas bem lubrificadas e prevenir o acúmulo de sujeira. Durante a operação normal são registrados em memória não volátil os picos de temperatura de cada um dos canais. É registrada a temperatura máxima por canal por hora para o período das últimas 24 horas. O MFC-300/T possui 4 saídas analógicas de corrente (para as temperaturas do óleo e de 3 enrolamentos), configuráveis nos intervalos 0-1, 0-5, 0-10, 0-20 e 4-20 mA.

Copyright 2017 Licht-Labs © Todos os direitos reservados

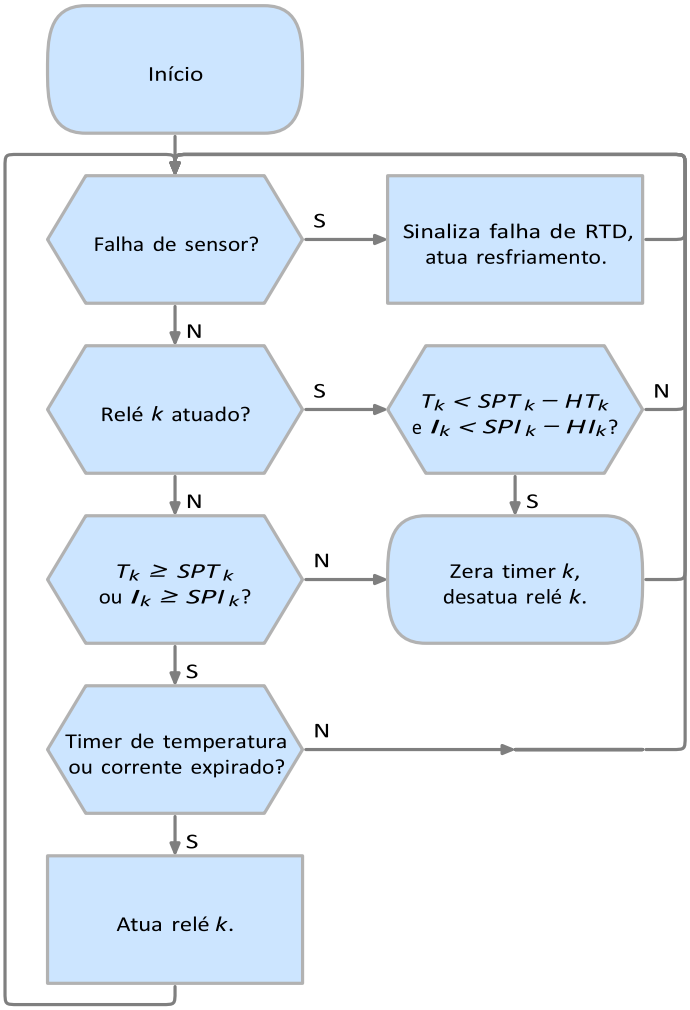


Figura 3.1. Lógica de Atuação dos Relés

3.2. Operação dos RTDs

O MFC-300/T pode ser fornecido em configurações com até 6 RTDs independentes ou até 6 RTDs redundantes. A configuração com RTDs independentes cria um canal de temperatura para cada RTD, permitindo a associação de relés a RTDs específicos. O primeiro RTD é destinado à medida da temperatura do óleo, e os RTDs restantes podem ser usados para qualquer outro propósito. A configuração com RTDs redundantes associa até 6 RTDs à medida da temperatura do óleo. O MFC-300/T constantemente avalia o estado de cada RTD e de sua conexão, e automaticamente ignora sensores que estejam inoperantes ou que apresentem comportamento anormal.

Na configuração de RTDs redundantes, a temperatura atribuída ao óleo é aquela medida pelo primeiro RTD operacional. A opção de usar somente um RTD é intrínsecamente mais robusta do que alternativas que calculam médias entre sensores. De fato, dada uma probabilidade p de perturbação de um RTD (que consideramos pequena), um algoritmo que calcula médias de N RTDs aumentará a probabilidade de perturbação do sistema para aproximadamente N · p, diminuindo a confiabilidade total. Considerando que a precisão de medidas de RTDs significativamente excede os requisitos de

Copyright 2017 Licht-Labs © Todos os direitos reservados

controle de temperatura para transformadores de potência, o uso de médias entre sensores revela-se desnecessário e indesejável. Em ambas configurações, a detecção de problemas em um ou mais RTDs é sinalizada através da atuação de um relé de falha de RTD (relé 11, ver item 3.3 e diagrama de conexões no anexo C), que está reservado exclusivamente para esta função. Os contatos do relé 11 são normalmente abertos. Estes contatos se fecham ao ocorrer a falha no RTD, quando é acionado o led (R11) no painel. Os seguintes eventos são considerados falhas:

- Temperatura medida abaixo de 0 ◦C ou acima de 255 ◦C.
- Temperatura com taxa de variação superior a 20 ◦C/s.
- Detecção de inconsistências no circuito de medida.
- Diferença de temperatura entre sensores superior ao valor do parâmetro Máxima Diferença de Temperatura (somente para a configuração de RTDs redundantes). Na configuração de RTDs independentes, qualquer um dos eventos acima resulta na atuação do relé de falha de RTD, no acionamento de todos os relés associados à função de refrigeração e no bloqueio de relés associados a alarmes (desligamento). Caso a situação seja normalizada (por exemplo, através a substituição de um RTD com defeito), o sistema somente retornará à operação normal após um atraso de 30 segundos. Na configuração de RTDs redundantes, qualquer evento acima implica na atuação do relé de falha de RTD. A falha de todos os RTDs ou a existência de uma discrepância de medida superior ao valor do parâmetro Máxima Diferença de Temperatura implica no acionamento automático de todos os relés associados à função de resfriamento e no bloqueio de atuações futuras. Em particular, a falha de um único RTD não bloqueia a operação do sistema. Assim como no caso anterior, o sistema somente desatua o relé de RTD (e retorna à operação normal, se estiver bloqueado) 30 segundos após verificar a ausência de falhas.

3.3. Relés

O MFC-300/T é fornecido com até 12 relés. Os relés 1 à 10 são configuráveis, enquanto que os relés 11 e 12 são específicos para falhas. A atuação do relé 11 (falha de RTD) ocorre como descrito no item 3.2. O relé 12, falha de alimentação e auto supervisão, atua de maneira inversa: é ligado, por software, assim que o MFC-300/T é energizado, e é desligado quando o MFC-300/T perde a alimentação auxiliar, ou apresenta falha. Assim que o relé 12 é acionado, simultaneamente ocorre o acionamento de seu respectivo led (R12) no painel. **Portanto, este led fica permanentemente ligado quando o MFC-300/T está em condições normais de operação**. Os contatos dos relés 1 a 11 são NA, ou seja, ficam abertos em estado não atuado. Os contatos do relé 12 são NF: ficam abertos em condições normais de operação do equipamento, e se fecham em caso de falha. A tabela 3.3 ilustra as funções de cada um dos relés e seus respectivos conectores:

RELÉ	FUNÇÃO	BORNES
1	Configurável	3, 4
2	Configurável	5, 6
3	Configurável	7, 8
4	Configurável	9, 10
5	Configurável	11, 12
6	Configurável	13, 14

Copyright 2017 Licht-Labs © Todos os direitos reservados

7	Configurável	15, 16
8	Configurável	17, 18
9	Configurável	19, 20
10	Configurável	21, 22
11	Falha de RTD	23, 24
12	Falha de alimentação Auxiliar	25, 26

Tabela 3. 3

3.4. Fator de Hotspot

Hot Spot é o ponto mais quente do enrolamento, obtido por cálculo, ou eventualmente medido com um sensor de fibra ótica colocado em um ponto do enrolamento previamente definido no projeto do transformador.

Esta medida dá origem ao chamado Fator de Hot Spot, que é um Fator que multiplicado pelo gradiente Delta T cu/óleo, reproduz o ponto mais quente do enrolamento no controlador de temperatura.
O Fator de Hot Spot usual sugerido pela norma IEC 60076-7, equivalente à norma NBR5356-7, é de 1,1 para transformadores de distribuição, e de 1,3 para transformadores médios até 100 MVA.

Para transformadores de potência superior a 100 MVA recomenda-se consultar o fabricante. Assim, ao desejar que o Controlador de Temperatura MFC-300/T indique o ponto mais quente do enrolamento, deve-se acrescentar o Fator de Hot Spot ao Delta T cu/óleo a ser parametrizado no equipamento.

Por exemplo, se o Delta T cu/óleo é 20 e o Fator de Hot Spot é 1,3, deve-se programar o Delta T cu/óleo como 26, proveniente da operação 20x1,3=26.

3.5. Registros de eventos (Opcional)

O MFC-300/T pode opcionalmente possuir um módulo de memória, permitindo que este registre eventos em memória não volátil. Um evento consiste de uma mudança no estado de um relé, que por sua vez pode ser causada por setpoints configuráveis pelo usuário ou falhas do sistema, conforme descrito nas seções acima. Note que um relé não precisa estar em uso (ou instalado) para que este gere eventos através de seus setpoints. O MFC-300/T também pode ser forçado a gerar eventos periódicos a cada n minutos (com $1 < n \leq 60$) através da configuração do parâmetro Timer de Eventos. Quando um evento ocorre, o MFC-300/T registra todas as temperaturas medidas (RTDs 1-6, óleo e enrolamentos 1-3) e o estado de todos os relés. Cada evento é associado a um valor de 48 bits que representa o número de milisegundos desde o primeiro milisegundo de 01 de janeiro de 1970.

O MFC-300/T escreve eventos em uma fila FIFO (first in, first out) não volátil, que pode registrar até 3584 eventos. Note que se o parâmetro Timer de Eventos estiver configurado para 10 minutos, esta fila reciclará aproximadamente a cada 25 dias devido a registro de eventos periódicos somente (sem

Copyright 2017 Licht-Labs © Todos os direitos reservados

considerar eventos causados por comutações de relés, que tipicamente serão mais raros). Se este timer for configurado para 1 minuto, a fila reciclará aproximadamente a cada 2.5 dias. O histórico de eventos pode ser visualizado no display do MFC-300/T acessando o menu Historico de Eventos. O evento mais recente é indicado primeiro, e os outros eventos podem ser acessados pressionando as telas ↑ ou ↓. O histórico também pode ser gravado em formato CSV (comma separated values) usando a interface USB (opcional) e o software do MFC-300/T para Windows ou Linux, que está disponível para download em nosso site.

4. Indicações

Durante a operação normal, o MFC-300/T alterna entre a indicação de cada canal. O tipo de indicação pode ser escolhido entre Temperatura, Corrente e Porcentagem. Na indicação de Temperatura, o valor apresentado para o óleo é aquele lido pelo RTD, após a compensação de sua não-linearidade intrínseca e da resistência das conexões. As temperaturas de óleo são inferidas e dependem da escolha de um modelo adequado (em particular, da definição correta dos parâmetros ΔT[1-3], m e τ). Na indicação de Corrente são apresentadas as grandezas físicas medidas pelo MFC-300/T: a resistência medida no RTD (já descontada a resistência de conexões) e a corrente representativa da carga de cada enrolamento.

Na indicação de Porcentagem são apresentadas as cargas dos enrolamentos, tendo como referência seus valores nominais.

O tipo de indicação pode ser alternado temporariamente mediante as teclas ↑ e ↓.

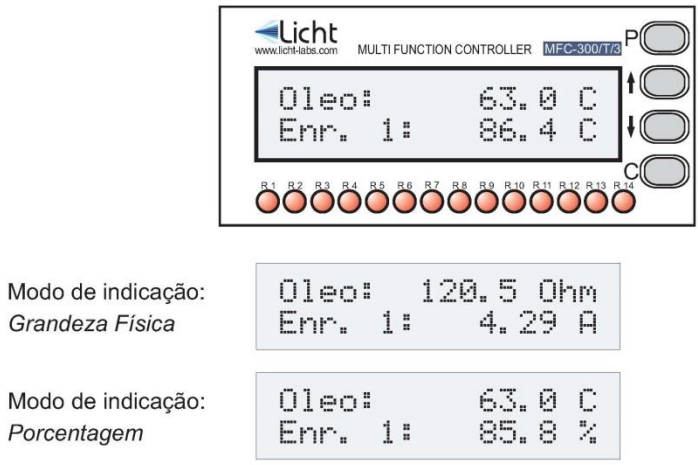


Figura 4.1. Painel Frontal

Copyright 2017 Licht-Labs © Todos os direitos reservados

5. Configuração

O MFC-300/T possui 4 teclas que permitem acessar toda sua funcionalidade. O procedimento para a configuração de qualquer parâmetro é o seguinte:

1. Pressione a tecla P.
2. Escreva a senha de 4 letras uma letra por vez, usando as teclas ↑ e ↓ para escolher cada letra e a tecla P para avançar entre letras. Na configuração de fábrica a senha padrão é AAAA, ou seja, quando não alterada a senha, basta pressionar a tecla P novamente para entrar no modo de programação.
3. Usando as teclas ↑ e ↓, escolha o parâmetro desejado.
4. Pressione novamente P para confirmar a escolha do parâmetro.
5. Escolha a configuração desejada usando ↑ e ↓.
6. Confirme pressionando P.

As opções de configuração podem ser avançadas rapidamente mantendo pressionada a tecla ↑ ou ↓. A qualquer momento a programação pode ser cancelada pressionando a tecla C.

5.1. Reset de Parâmetros

O MFC-300/T pode ser restaurado à sua configuração de fábrica se for energizado com a tecla C pressionada. Este procedimento também reseta sua senha para AAAA.

5.2. Configuração de Fábrica

CONFIGURAR PARÂMETROS	
PARÂMETROS	**CONFIGURAÇÃO DE FÁBRICA**
Tipo de indicação	ºC
Delta T1	20°C
Delta T2	0°C
Delta T3	0°C
In 1	5.0 A
In 2	5.0 A
In 3	5.0 A
Alternância de setpoints	Desabilitada
τ	3.0 min
m	0.8
Freq. de operação	60 HZ
Resfriamento diário	Ínicio- 0:00
Resfriamento diário	Desabilitado
Timer de eventos	Não disponível
Máxima diferença de temperatura	Não disponível

Copyright 2017 Licht-Labs © Todos os direitos reservados

CONFIGURAR SAÍDAS	
PARÂMETROS	CONFIGURAÇÃO DE FÁBRICA
Escala de saída	4-20mA
FE Temperatura	150ºC

CONFIGURAR RS485 (MODBUS)	
PARÂMETROS	CONFIGURAÇÃO DE FÁBRICA
Baudrate	9600
Formato	8N1
Endereço Modbus	1

CONFIGURAR RS485 (DNP3-OPCIONAL)	
PARÂMETROS	CONFIGURAÇÃO DE FÁBRICA
Baudrate	9600
Formato	8N1
DNP3 Address	0x1234
Appl. Confirm.	Events/multifrag
Inter-Byte Gap	≤ 5ms
Backoff Delay	(Fixed): 50ms
Backoff Delay	(Random): 50ms
Interframe Gap	Never insert

CONFIGURAR SETPOINTS (°C)	
PARÂMETROS	CONFIGURAÇÃO DE FÁBRICA
Setpoints 1 à 10	100°C

CONFIGURAR SETPOINTS (I%)	
PARÂMETROS	CONFIGURAÇÃO DE FÁBRICA
Setpoints 1 à 10	Desabilitado

CONFIGURAR RETARDOS	
PARÂMETROS	CONFIGURAÇÃO DE FÁBRICA
Retardo 1 à 10	0.1 min

CONFIGURAR HISTERESES (°C)	
PARÂMETROS	CONFIGURAÇÃO DE FÁBRICA
Histerese 1 à 10	1°C

ATUAÇÃO FORÇADA	
PARÂMETROS	CONFIGURAÇÃO DE FÁBRICA
Relé 1 à 10	Desatuado

CONFIGURAR HISTERESES (I%)	
PARÂMETROS	CONFIGURAÇÃO DE FÁBRICA
Histerese 1 à 10	1%

ASSOCIAR RELÉ/CANAL	
PARÂMETROS	CONFIGURAÇÃO DE FÁBRICA
Relé 1 à 10	Óleo

LÓGICA DE ATUAÇÃO	
PARÂMETROS	CONFIGURAÇÃO DE FÁBRICA
Relé 1 à 10	Lógica normal

ASSOCIAR RELE/FUNÇÃO	
PARÂMETROS	CONFIGURAÇÃO DE FÁBRICA
Relé 1 à 10	Alarme (desligamento)

Copyright 2017 Licht-Labs © Todos os direitos reservados

CONFIGURAR PASSWORD	
PARÂMETROS	**CONFIGURAÇÃO DE FÁBRICA**
Password	AAAA

AJUSTAR DATA E HORA	
PARÂMETROS	**CONFIGURAÇÃO DE FÁBRICA**
Data/hora	Hora e data ajustado anteriormente

VISUALIZAR MÁXIMOS	
PARÂMETROS	**CONFIGURAÇÃO DE FÁBRICA**
Máximo 1 a 6	0°C
OBS.: o máximo somente será resetado (0°C) no campo resetar máximos no menu do aparelho, o procedimento descrito no item 5.1 não reseta as máximas temperaturas medidas anteriormente.	

6. Parâmetros Programáveis

O MFC-300/T foi desenvolvido visando proporcionar ao usuário do produto a maior versatilidade possível, de forma que toda a supervisão e configuração do sistema possa ser executada no próprio aparelho (através do teclado ou conexão USB) ou à distância (através do link RS-485). A seguir definimos todos os parâmetros configuráveis pelo usuário.

PARÂMETRO: SET POINT (◦C)[1-10]

Opções: 0 a 255 ◦C, em incrementos de 1 ◦C.

Descrição: Ponto de atuação (set-point) de temperatura dos relés 1-10.

PARÂMETRO: HISTERESE (◦C)[1-10]

Opções: 1 a 255 ◦C, em incrementos de 1 ◦C.

Descrição: Histerese de temperatura na atuação/desatuação dos relés 1-10.

PARÂMETRO: RETARDO[1-10]

Opções: 0.1 a 25.5 minutos, em incrementos de 0.1 minuto.

Descrição: Retardo de atuação dos relés 1-10.

Copyright 2017 Licht-Labs © Todos os direitos reservados

PARÂMETRO: CANAL ASSOCIADO[1-10]

Opções: Óleo, Enr. 1, Enr. 2, Enr. 3, RTD 2, RTD 3, RTD 4, RTD 5, RTD 6.

Descrição: Canal associado a cada relé. Note que set-points de temperatura estão ativos em todos os canais, enqüanto set-points de corrente estão ativos somente em canais associados a enrolamentos.

PARÂMETRO: ATUAÇÃO FORÇADA[1-10]

Opções: Normal, Permanente.

Descrição: Seleciona se o relé responde a variações de temperatura ou corrente (Normal), ou está permanentemente atuado (Permanente).

PARÂMETRO: LÓGICA DE ATUAÇÃO[1-10]

Opções: Normal, Inversa.

Descrição: Lógica de atuação de cada relé.

PARÂMETRO: SET POINT (I%)[1-10]

Opções: 0 a 150% da corrente nominal do enrolamento associado, em incrementos de 1%.

Descrição: Ponto de atuação (set-point) de corrente dos relés 1-10. Note que este setpoint é válido para relés associados a enrolamentos, é ignorado em relés associados a RTDs. Atenção que desligamentos indevidos do transformador poderão ocorrer, se a parametrização desta função assim o permitir.

PARÂMETRO: HISTERESE (I%)[1-10]

Opções: 1 a 255%, em incrementos de 1%.

Descrição: Histerese de corrente para a atuação/desatuação dos relés 1-10.

PARÂMETRO: FUNÇÃO ASSOCIADA[1-10]

Opções: Alarme (desligamento), Resfriamento.

Descrição: Define a função associada a cada relé. Relés associados a resfriamento são automaticamente atuados no evento de falhas de RTD, e são atuados diariamente se a opção Resfriamento Diário estiver habilitada.

PARÂMETRO: TIPO DE INDICAÇÃO

Opções: Temperatura, grandeza, porcentagem.

Copyright 2017 Licht-Labs © Todos os direitos reservados

Descrição: Tipo dos valores indicados no painel.

PARÂMETRO: ΔT[1-3]

Opções: 0 a 99 ◦C, em incrementos de 1 ◦C.

Descrição: Gradiente de temperatura cobre/óleo para os enrolamentos 1-3. Representa a temperatura que o enrolamento atinge acima do óleo sob carga nominal.

PARÂMETRO: IN[1-3]

Opções: 0.2 a 5.0 A em incrementos de 0.1 A.

Descrição: Corrente nominal considerada pelo aparelho no cálculo da temperatura dos enrolamentos 1-3.

PARÂMETRO: ALTERNÂNCIA DE SET POINTS

Opções: Desabilitada, Somente 7-8, Somente 9-10, 7-8 e 9-10.

Descrição: Habilita a atuação alternada dos relés 7 com 8 e/ou 9 com 10, tipicamente usada para assegurar desgaste igual dos equipamentos de resfriamento forçado. Um par de relés pode ser configurado para atuação alternada somente se seus parâmetros de Histerese (◦C), Histerese (I%), Retardo, Canal Associado e Função Associada forem iguais. Caso contrário, o MFC-300/T não permitirá habilitação da alternância. Se a opção Alternância de Set Points estiver habilitada, pares de relés alternantes terão seus parâmetros Histerese (◦C), Histerese (I%), Retardo, Canal Associado e Função Associada modificados simultaneamente, de forma a mantê-los iguais. Por exemplo, se a Alternância de Set Points estiver configurada para Somente 9-10, qualquer ajuste do parâmetro Histerese[9] será repetido automaticamente no parâmetro Histerese[10].

Para permitir maior flexibilidade, a atuação alternada utiliza os set-points de ambos os relés. Sua operação pode ser melhor entendida por meio de um exemplo. Consideremos que o par 9-10 tenha sido configurado para atuação alternada, usando os seguintes parâmetros:

- Set Point[7]: 80 ◦C
- Set Point[8]: 90 ◦C
- Histerese[7], Histerese[8]: 1 ◦C
- Canal Associado[7], Canal Associado[8]: Enrolamento 1

Ignorando a influência da histerese, se a temperatura do enrolamento 1 estiver abaixo de 80.0 ◦C, nem o relé 7 nem o 8 estarão atuados. Se estiver entre 80.0 e 89.9 ◦C, apenas um estará atuado. Se for maior ou igual a 90.0 ◦C, ambos estarão atuados. A alternância se manifesta quando a temperatura do enrolamento realiza a transição 89.9 → 90.0 ◦C, neste caso, o relé atuado é o que permaneceu desligado na última transição.

A **Tabela 6.1.** apresenta um exemplo de atuação alternada.

Copyright 2017 Licht-Labs © Todos os direitos reservados

TRANSIÇÃO	AÇÃO
75.0 ◦C → 83.0 ◦C	Atua relé 7
83.0 ◦C → 78.0 ◦C	Desatua relé 7
78.0 ◦C → 86.0 ◦C	Atua relé 8
86.0 ◦C → 94.0 ◦C	Atua relé 7 (relés 7 e 8 atuados)
94.0 ◦C → 89.5 ◦C	Nenhuma alteração (efeito da histerese no relé 7)
89.5 ◦C → 85.0 ◦C	Desatua relé 7 (relé 8 ainda atuado)
85.0 ◦C → 79.5 ◦C	Nenhuma (efeito da histerese no relé 8)
79.5 ◦C → 78.0 ◦C	Desatua relé 8 (relés 7 e 8 desatuados)

Tabela 6.1.

PARÂMETRO: CONSTANTE DE TEMPO (T)

Opções: 0.0, ou de 3.0 a 20.0 minutos, em incrementos de 0.1 minuto.

Descrição: Constante de tempo do modelo de primeira ordem dos enrolamentos. Quando programada em 0, considera que o transformador tem capacidade calorífica nula.

PARÂMETRO: M

Opções: 0.5 a 1.0, em incrementos de 0.1.

Descrição: Expoente para o tipo refrigeração utilizado. Levando em conta sua constante de tempo, a curva de temperatura para um degrau de corrente com amplitude ID é:

$$T_{enr}(t) = T_{oleo} + \Delta T \left(\frac{I_D}{I_N}\right)^{2m} \left(1 - e^{-t/\tau}\right)$$

Logo, a temperatura final (em equilíbrio térmico) de um enrolamento com corrente constante / é dada por:

$$T_{enr}(\infty) = T_{oleo} + \Delta T \left(\frac{I}{I_N}\right)^{2m}$$

Copyright 2017 Licht-Labs © Todos os direitos reservados

PARÂMETRO: RESFRIAMENTO DIÁRIO (INÍCIO)

Opções: 00:00 a 23:59, em incrementos de 1 minuto.

Descrição: Horário do dia no qual todos os relés de resfriamento são ativados. Use esta opção para garantir lubrificação adequada de ventiladores e bombas operando em climas frios.

PARÂMETRO: RESFRIAMENTO DIÁRIO (DURAÇÃO)

Opções: Desabilitado, ou 1 a 999 minutos, em incrementos de 1 minuto.

Descrição: Duração do ciclo diário de resfriamento.

PARÂMETRO: TIMER DE EVENTOS

Opções: Desabilitado, ou 1 a 60 minutos, em incrementos de 1 minuto.

Descrição: intervalo de tempo entre o registro forçado de eventos (se esta opção estiver instalada).

PARÂMETRO: MÁXIMA DIFERENÇA DE TEMPERATURA

Opções: 1 a 200 ◦C, em incrementos de 1 ◦C.

Descrição: em controladores com sensores de temperature redundantes, configura o limiar para máxima diferença de temperatura permitida entre sensores diferentes. Se a temperatura de quaisquer dois sensores diferir por mais do que o limiar configurado, o MFC-300/T acusa falha de RTD. Este parâmetro não está disponível em controladores fornecidos com configurações de sensores independentes.

6.1. Saídas de Corrente (Opcional)

PARÂMETRO: ESCALA DE SAÍDA

Opções: 0-1, 0-5, 0-10, 0-20, 4-20 mA

Descrição: Correntes de saída dos canais 1-4.

PARÂMETRO: TFE ÓLEO

Opções: 0 a 255 ◦C, em incrementos de 1 ◦C.

Descrição: Fundo de escala da temperatura do óleo. Por exemplo, se TFE Oleo = 150 ◦C e Escala de Saída = 4-20 mA, a temperatura indicada será 0 ◦C para 4.0 mA e 150 ◦C para 20.0 mA.

Copyright 2017 Licht-Labs © Todos os direitos reservados

6.2. Comunicação MODBUS

PARÂMETRO: BAUD RATE

Opções: 9600, 19200, 38400, 57600, 115200 bps.

Descrição: taxa de bits para a comunicação RS-485.

PARÂMETRO: FORMATO

Opções: 8N1, 8E1, 8O1, 8N2.

Descrição: formato de transmissão de cada símbolo, onde:

- 8N1: 8 bits de dados, sem paridade, 1 bit de parada.
- 8E1: 8 bits de dados, paridade par, 1 bit de parada.
- 8O1: 8 bits de dados, paridade ímpar, 1 bit de parada.
- 8N2: 8 bits de dados, sem paridade, 2 bits de parada.

PARÂMETRO: ENDEREÇO

Opções: 1 a 247.

Descrição: endereço do MFC-300/T no bus MODBUS.

6.3. Comunicação DNP3 (Opcional)

Nota: os nomes dos parâmetros DNP3 foram mantidos no original em inglês para evitar dúvidas relativas à terminologia usada na norma.

PARÂMETRO: BAUD RATE

Opções: 9600, 19200, 38400, 57600, 115200 bps.

Descrição: taxa de bits para a comunicação RS-485.

PARÂMETRO: FORMAT

Opções: 8N1, 8E1, 8O1, 8N2.

Descrição: formato de transmissão de cada símbolo, onde:

Copyright 2017 Licht-Labs © Todos os direitos reservados

- 8N1: 8 bits de dados, sem paridade, 1 bit de parada.
- 8E1: 8 bits de dados, paridade par, 1 bit de parada.
- 8O1: 8 bits de dados, paridade ímpar, 1 bit de parada.
- 8N2: 8 bits de dados, sem paridade, 2 bits de parada.

PARÂMETRO: ADDRESS

Opções: 0x0000 a 0xFFEF.

Descrição: endereço do MFC-300/T em notação hexadecimal.

PARAMETER: APPLICATION LAYER CONFIRMATION

Options: Only when transmitting events or multi-fragment responses, Always.

Description: Seleciona quando o MFC-300/T deve requisitar confirmações da camada de aplicação.

PARAMETER: MAXIMUM INTER-OCTET GAP

Options: 2 a 100 ms.

Description: A norma DNP3 estabelece que quadros não devem ter pausas entre bytes (inter-octet gaps). De acordo com a especificação, o MFC-300/T nunca insere pausas entre bytes. No entanto, disponibilizamos a opção de tolerar pausas durante a recepção. Quadros com pausas maiores que Maximum Inter-Octet Gap são silenciosamente ignorados.

PARAMETER: BACKOFF DELAY (FIXED)

Options: 1 a 100 ms.

Description: Veja a descrição de Backoff Delay (Random).

PARAMETER: BACKOFF DELAY (RANDOM)

Options: 1 a 100 ms.

Description: O MFC-300/T foi projetado para enlaces com topologia de bus, onde mais de um escravo pode transmitir. Um mecanismo de espera (backoff) é implementado para prevenir colisões. Antes de transmitir, o MFC-300/T espera até que a linha se torne ociosa. Ao detectar a ociosidade, espera Tdelay = Tfixed+Trandom ms, onde Tfixed é o fixed backoff delay, e Trandom é um valor aleatório, uniformemente distribuído entre 0 e o parâmetro random backoff delay. Se após Tdelay ms a linha ainda estiver ociosa, o MFC-300/T inicia a transmissão.

PARAMETER: INSERT INTER-FRAME GAP

Options: Never, Always.

Copyright 2017 Licht-Labs © Todos os direitos reservados

Description: A norma DNP3 estabelece que pausas entre quadros são desnecessárias. No entanto, já foram observados mestres que ignoram quadros quando nenhuma pausa entre quadros é fornecida. Essa opção permite a comunicação com tais mestres. Seu uso é desencorajado, pois pausas forçadas implicam em backoff delays forçados.

6.4. Data e Hora

PARÂMETRO: DATA/HORA

Opções: HH:MM:SS DD/MM/AAAA

Descrição: ajuste da data e hora atual.

7. Especificações

Alimentação	Isolada 80-260 Vca/Vcc.
Consumo	8 W
Temperatura de Operação	-10 a 70 ◦C (display LCD) -40 a 70 ◦C (display VFD)
Grau de Proteção	IP20 (formatos 96x48 e 96x96), IP65 (veja o Item 7.1)
Fixação	Painel
Dimensões	96 x 48 x 190 mm, ou 96x96 com flange de adaptação (veja o Anexo B)
Peso	600 g
Entradas DC	Tipos: RTD, loop de corrente, tensão Erro/Não-linearidade: 0.2% + 0.1% / 10 ◦C
Entradas AC	Escala: 0-5 A Erro/Não-linearidade: 0.5% (+/- 0.01 A), + 0.1% / 10 ◦C
Saídas de Corrente	Escalas: 0-1, 0-5, 0-10, 0-20, 4-20 mA Erro/Não-linearidade: 0.2% (+/- 0.01 mA) + 0.1% / 10 ◦C
Isolação Galvânica (50/60 Hz, 1 min.)	Entradas AC - 2.0 kV Saídas - 2.0 kV Comunicação - 2.0 kV Relés – 2.0 kV
Comunicação	RS-485 - MODBUS RTU ou DNP3 9600, 19200, 38400, 57600, 115200 bps 8N1, 8E1, 8O1, 8N2
Displays	2 linhas de 16 caracteres (5 mm). LCD com backlight ou VFD.
Relés	5 A @ 250 Vca, 5 A @ 30 Vcc Isolação galvânica, bobina/contatos: 4.0 kV, 50/60 Hz, 1 min.

7.1. Versões Adicionais

Copyright 2017 Licht-Labs © Todos os direitos reservados

Versão em Caixa de Montagem Rápida, própria para instalação no corpo do transformador - Para esta versão, favor consultar o manual do Controlador MFC-202/T.

8. Observações

A instalação de qualquer equipamento eletrônico em subestações deve atender às recomendações das normas pertinentes. A norma mais abrangente e atual é a IEC 61000-5-2:1997, que compreende resultados de décadas de pesquisas em laboratório e em campo. A seguir listamos algumas das recomendações presentes nesta norma, e que devem ser observadas, em subestações de toda natureza. Recomendamos a leitura dos artigos e notas de aplicação para instalação que estão disponíveis on-line em nosso site.

a. Devem ser usados cabos blindados para as conexões dos RTDs, saídas de corrente, comunicação RS-485 e alimentação auxiliar.
b. Cabos devem estar segregados em bandejas ou canaletas de acordo com suas funções. Em particular, cabos de potência nunca devem ser roteados na proximidade de cabos de sinal, ainda que estes estejam blindados. As distâncias mínimas que devem ser observadas estão descritas na norma IEC 61000-5-2:1997 e em artigos disponíveis on-line na página deste controlador.
c. A continuidade elétrica de cabos, canaletas, calhas e eletrodutos deve existir até freqüências da ordem de MHz ao longo de toda sua extensão, incluindo curvas e junções. Para garantir esta continuidade, emendas e junções de cabos, canaletas e eletrodutos devem garantir contato elétrico ao longo de suas seções transversais, e nunca em um só ponto. Em particular, emendas de canaletas devem ser feitas com chapas soldadas (ideal) ou parafusadas em múltiplos pontos (aceitável) e nunca devem ser feitas com fios.
d. Caso cabos precisem ser emendados, a blindagem não deve ser interrompida. Blindagens devem ser emendadas de forma circular, de forma a preservar a malha de blindagem ao longo de 360◦.
e. Trechos sem blindagens (por exemplo, nas terminações de réguas de bornes) devem ser os mais curtos possíveis.
f. Canaletas, calhas e eletrodutos devem ser eletricamente contínuos, e devem ser aterrados em ambas extremidades. Esta configuração permite que canaletas, calhas e eletrodutos simultaneamente ofereçam blindagem e trabalhem como condutores paralelos.
g. Cabos blindados devem ter suas blindagens aterradas em ambas extremidades. É imprescindível que a canaleta, calha ou eletroduto que contém cada cabo também esteja aterrada em ambas extremidades, de forma que trabalhe como condutor paralelo. Na ausência de um condutor paralelo, a blindagem de cada cabo estará exposta a correntes excessivas que comprometerão sua operação.
h. Pares RS-485 devem estar terminados em ambos extremos por resistores de 120 Ω.
i. Dispositivos RS-485 devem formar um bus ou conexão ponto-a-ponto. Não devem ser feitas redes com outras topologias (árvore, estrela, anel, etc.).
j. Entradas para contatos secos devem estar livres de potenciais.

Copyright 2017 Licht-Labs © Todos os direitos reservados

9. Revisão e Histórico

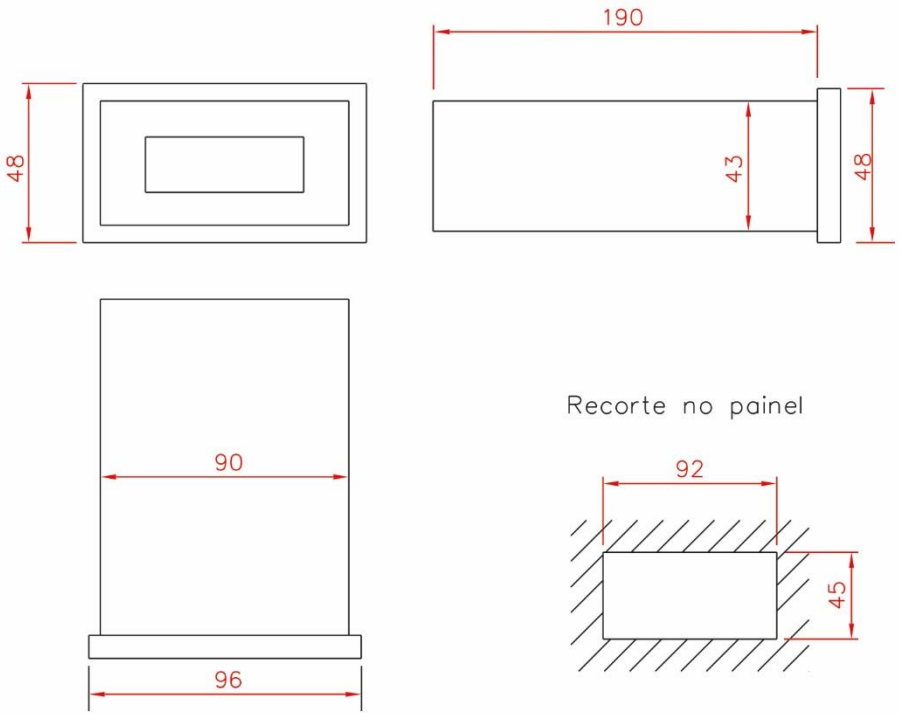
REVISÃO	DATA	DESCRIÇÃO/ALTERAÇÃO EFETUADA	ELABORADO POR	APROVADO POR
01	08/06/16	Primeira publicação	Ricardo Hemmel	Lisico Ribeiro
02	12/07/16	Acrescentado o item 3.4- Fator de Hotspot	Ricardo Hemmel	Liscio Ribeiro
03	16/06/20	Alteração textual no parâmetro setpoint de corrente I%	Ricardo Hemmel	Liscio Ribeiro

Copyright 2017 Licht-Labs © Todos os direitos reservados

Anexo A – Alojamento

CONTROLADOR MULTI–FUNÇÃO
MOD MFC–300

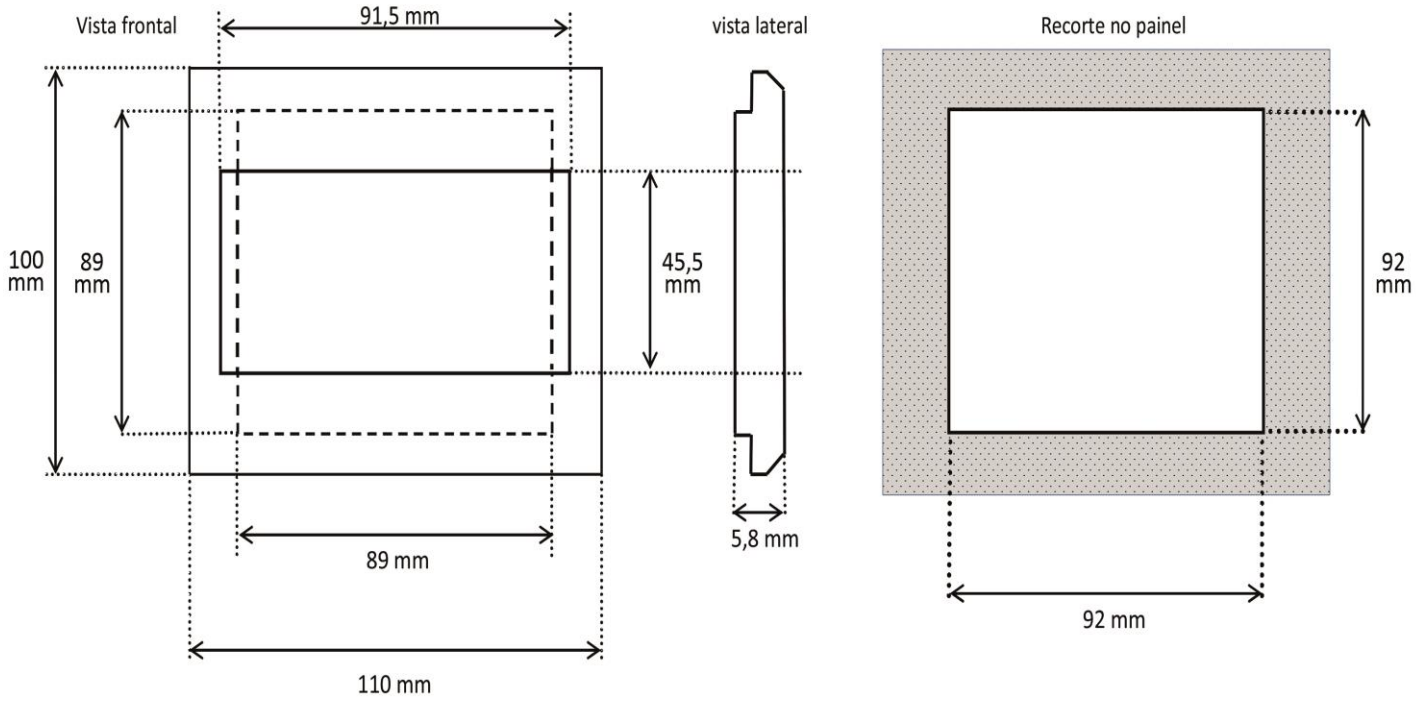
Dimensões em mm



Aceito Cont. Qualid.	Aceito Produção:	CONTROLADOR MULTI–FUNÇÃO MOD. MFC–300 96 x 48	Escala Ref.
Projeto Conf.	Des. Por. A.A.L.		
Des. Conf.	Emit. Depto Data. 20/07/07		Alt. Num. / Folha 2/2
Licht Eletro Eletrônica	Dwg. MFC–300 20072007 Rev.0		

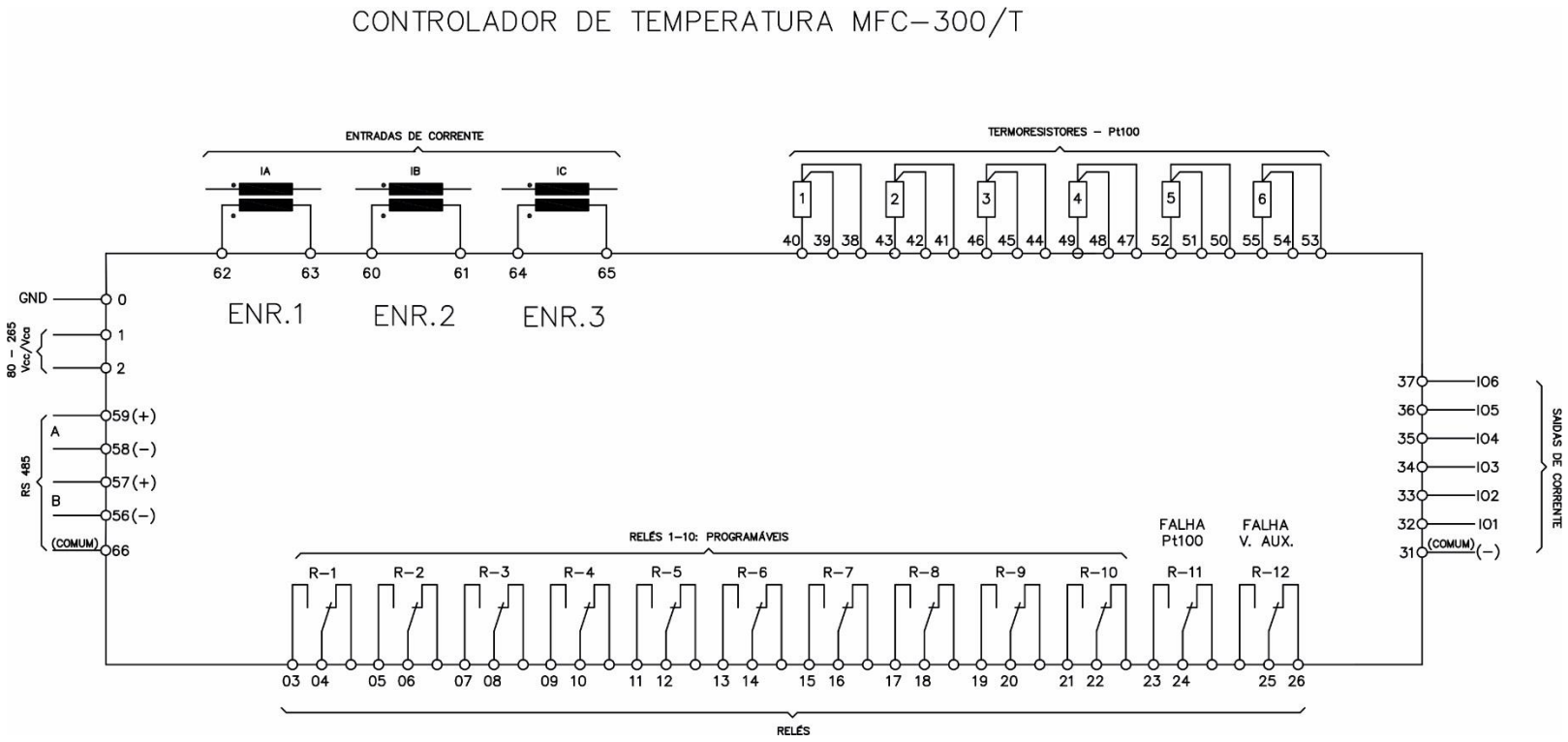
Copyright 2017 Licht-Labs © Todos os direitos reservados

Anexo B – Flange Adaptadora Frontal 86x86



Copyright 2017 Licht-Labs © Todos os direitos reservados

Anexo C – Diagrama de Conexões



Copyright 2017 Licht-Labs © Todos os direitos reservados

Anexo D – Ficha de Ajustes

PARÂMETROS	FAIXA DE AJUSTE	AJUSTE ESCOLHIDO
Relé	1 a 10	
Função	Alarme (desligamento), resfriamento	
Set Point (◦C)	0 a 255 ◦C	
Histerese (◦C)	1 a 255 ◦C	
Set Point (I%)	0 a 150 %	
Histerese (I%)	1 a 255 %	
Retardo	0.1 a 25.5 min.	
Canal Associado	Óleo, Enr. 1-3, RTD 2-6	
Atuação Forçada	Normal, Permanente	
Lógica de Atuação	Normal, Inversa	
Tipo de indicação	Temperatura, Corrente, Porcentagem	
ΔT1	0-99 ◦C	
ΔT2	0-99 ◦C	
ΔT3	0-99 ◦C	
IN1	0.0-5.0 A	
IN2	0.0-5.0 A	
IN3	0.0-5.0 A	
Alternância de Set Points	Desabilitada, 7-8, 9-10, 7-8 e 9-10	
Constante de Tempo	0.0, 3.0-20.0 min.	
m	0.0, 0.5-1.0	
Freqüência de Operação	60 Hz, 50 Hz	
Resfriamento Diário (Início)	00:00 a 23:59	
Resfriamento Diário (Duração)	Desabilitado, 1 a 999 minutos	
Timer de Eventos	Desabilitado, 1 a 60 minutos	
Máxima Diferença de Temperatura	1-200 ◦C	
Escala de Saída	0-1, 0-5, 0-10, 0-20, 4-20 mA	
TFE	0-255 ◦C	
Baud Rate	9600, 19200, 38400, 57600, 115200	
Formato	8N1, 8E1, 8O1, 8N2	
Endereço	1-247	
Data	01-Jan-2000 a 31-Dez-2099	
Hora	00:00:00-23:59:59	

Copyright 2017 Licht-Labs © Todos os direitos reservados

Anexo E – Registradores Modbus

O MFC-300 implementa as funções Read Holding Register (0x03), Write Single Register (0x06) e Write Multiple Register (0x10) do protocolo MODBUS RTU. O uso de qualquer outra função retornará uma exceção do tipo "unsupported function code". Apresentamos abaixo a tabela de registradores remotamente acessíveis.

HOLDING REGISTER	DESCRIÇÃO	AJUSTE	MULTIPLICADOR
1-10	Set Point (◦C)[1-10]	0 a 255 ◦C	1
21-30	Histerese (◦C)[1-10]	1 a 255 ◦C	1
41-50	Retardo[1-10]	0.1 a 25.5 min.	10
61-70	Canal Associado[1-10]	0: Óleo 1-3: Enrolamentos 1 a 3 4-8: RTDs 2 a 6	1
81-90	Atuação Forçada[1-10]	0: operação normal 1: sempre atuado	1
101-110	Lógica de Atuação[1-10]	0: normal 1: invertida	1
121-130	Set Point (I%)[1-10]	0 a 150 %	1
141-150	Histerese (I%)[1-10]	1 a 255 %	1
161-170	Função Associada[1-10]	0: alarme (desligamento) 1: resfriamento	1
201	Tipo de Indicação	0: temperatura 1: corrente 2: porcentagem	1
202-204	ΔT[1-3]	0 a 99 ◦C	1
205-207	IN[1-3]	0.2 a 5.0 A	10
208	Alternância de Set Points	0: desativada 1: somente 7-8 2: somente 9-10 3: 7-8 e 9-10	1
209	Constante de Tempo (τ)	0.0, ou 3.0-20.0 min.	10
210	m	0.0, ou 0.5-1.0	10
211	Freqüência de Operação	0: 60 Hz 1: 50 Hz	1
212	Resfriamento Diário (Início)	0 a 1439 (minutos a partir de 00:00)	1
213	Resfriamento Diário (Duração)	0 a 999 minutos	1
214	Timer de Eventos	0: Desabilitado 1 a 60 minutos	1
215	Máxima Diferença de Temperatura	1 a 200 ◦C	1
301	Loop de Corrente -Escala de Saída	0: 0-1 mA 1: 0-5 mA 2: 0-10 mA 3: 0-20 mA 4: 4-20 mA	1
302	TFE Óleo	0 a 255 ◦C	1

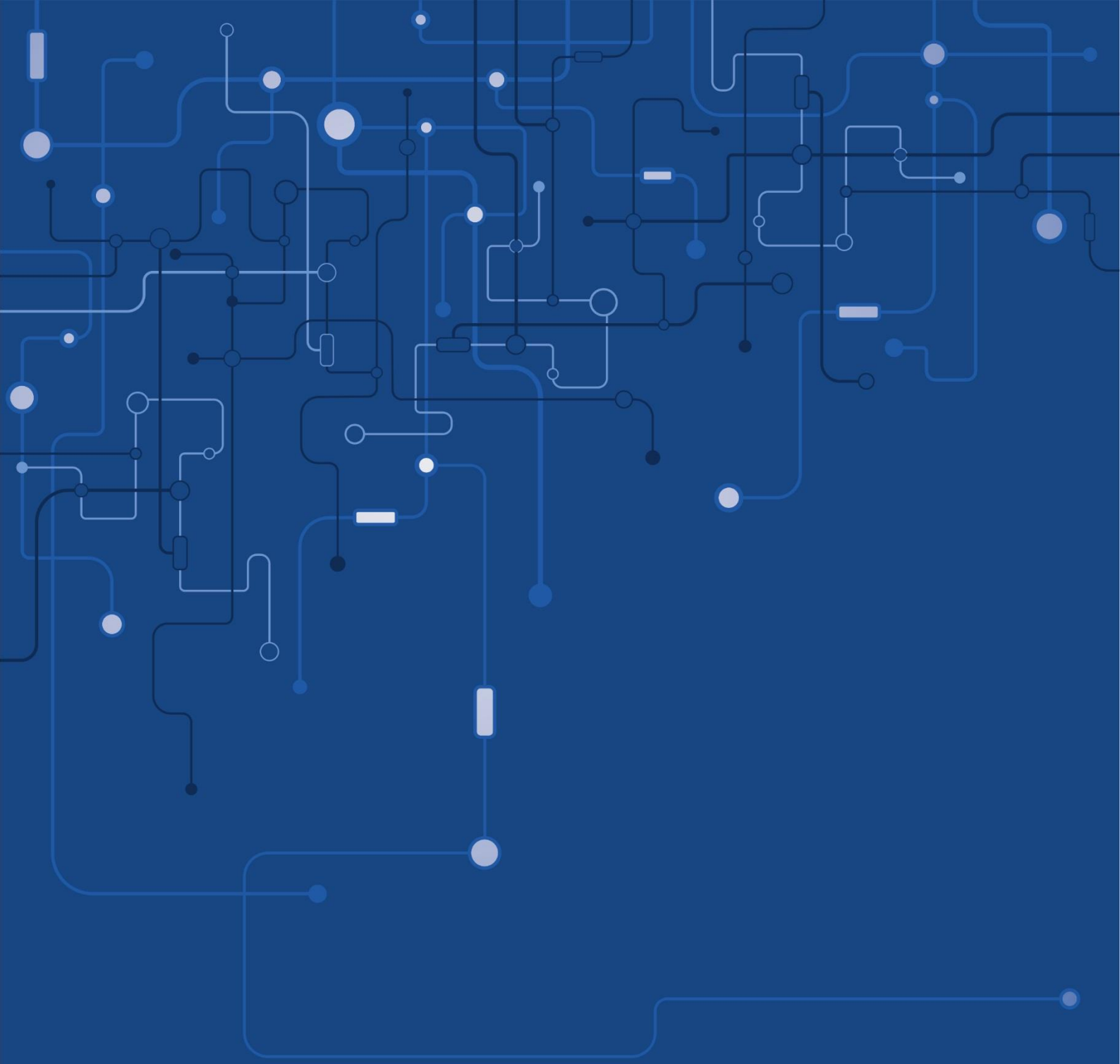
Copyright 2017 Licht-Labs © Todos os direitos reservados

HOLDING REGISTER	DESCRIÇÃO	AJUSTE	MULTIPLICADOR
401	Hora local	0 a 23	1
402	Minuto local	0 a 59	1
403	Segundo local	0 a 59	1
404	Dia local	1 a 31	1
405	Mês local	1 a 12	1
406	Ano local (2000-2099)	0 a 99	1
501-503	Temperatura Enrolamento[1-3]	0.0 a 255.0 ◦C	10
504-506	Corrente Enrolamento[1-3] (A)	0.00 a 5.00 A	100
507-509	Corrente Enrolamento[1-3] (%)	0.0 a 200.0 %	10
510	Temperatura RTD1/Óleo	0.0 a 255.0 ◦C	10
511	Resistência RTD1	0.0 a 255.0 Ω	10
512	Temperatura RTD2	0.0 a 255.0 ◦C	10
513	Resistência RTD2	0.0 a 255.0 Ω	10
514	Temperatura RTD3	0.0 a 255.0 ◦C	10
515	Resistência RTD3	0.0 a 255.0 Ω	10
516	Temperatura RTD4	0.0 a 255.0 ◦C	10
517	Resistência RTD4	0.0 a 255.0 Ω	10
518	Temperatura RTD5	0.0 a 255.0 ◦C	10
519	Resistência RTD5	0.0 a 255.0 Ω	10
520	Temperatura RTD6	0.0 a 255.0 ◦C	10
521	Resistência RTD6	0.0 a 255.0 Ω	10
601-610	Estado do Rele[1-10]	0: desatuado 1: atuado	1
701-3	Temperatura máxima Enr[1-3]	0 a 255 ◦C	1
704	Temperatura máxima RTD1	0 a 255 ◦C	1
705	Temperatura máxima RTD2	0 a 255 ◦C	1
706	Temperatura máxima RTD3	0 a 255 ◦C	1
707	Temperatura máxima RTD4	0 a 255 ◦C	1
708	Temperatura máxima RTD5	0 a 255 ◦C	1
709	Temperatura máxima RTD6	0 a 255 ◦C	1

Copyright 2017 Licht-Labs © Todos os direitos reservados

Anexo F – Registradores Modbus Associados a Eventos

HOLDING REGISTER	DESCRIÇÃO	AJUSTE	MULTIPLICADOR
801	ID do evento a ser lido	0 a 3583	1
802	ID do último evento	0 a 3583	1
803	Timestamp em ms desde 01-01-1970	bits 0-15	1
804	Timestamp em ms desde 01-01-1970	bits 16-31	1
805	Timestamp em ms desde 01-01-1970	bits 32-47	1
806-808	Temperatura evento Enr[1-3]	0 a 255 ◦C	1
809	Temperatura evento RTD1	0 a 255 ◦C	1
810	Temperatura evento RTD2	0 a 255 ◦C	1
811	Temperatura evento RTD3	0 a 255 ◦C	1
812	Temperatura evento RTD4	0 a 255 ◦C	1
813	Temperatura evento RTD5	0 a 255 ◦C	1
814	Temperatura evento RTD6	0 a 255 ◦C	1
815	Mapa de bits dos relés	bit n: estado do relé n+1	1



Licht
www.licht-labs.com

+55 11 **3731-3188** | Fax: +55 11 **3731-3444**
info@licht-labs.com | R. Gastão do Rego Monteiro, 480
São Paulo | SP | 05594-030 | Brasil