

## [1] Introdução

Os Analisadores Preditivos **PA-MCM/PA-PCM** utilizam apenas sinais elétricos (tensão e corrente) para analisar sistemas com motores trifásicos (**PA-MCM**) ou geradores (**PA-PCM**) e prever com antecedência falhas progressivas **elétricas** ou **mecânicas**.

Devido o monitoramento estar baseado somente nos sinais elétricos (alimentação do motor/gerador), evita o contato com o processo ou a necessidade de instalação nas proximidades do motor, podendo ser instalados no próprio CCM.

Além da previsão de falhas de características **elétricas** e **mecânicas**, permite uma análise detalhada da aplicação monitorada, disponibilizando via software **MCMSADA** curvas de tendência de uma série de parâmetros elétricos e mecânicos. Desse modo é possível acompanhar as variações que ocorrem durante o monitoramento, comparando o estado atual com o inicial de um parâmetro específico.

Com os **PA-MCM/PA-PCM** também é possível identificar a presença de uma falha **pré-existente** e a **eficiência** de um processo de manutenção.

Existem 5 modelos disponíveis, sendo:

### Monitoramento de motores:

**PA-MCM LV** – Aplicável em sistemas com motores de baixa tensão.

**PA-MCM LV Inverter** – Aplicável em sistemas com motores de baixa tensão controlados por inversores de frequência. Utilizam sensores de corrente especiais do tipo efeito hall.

**PA-MCM MV-HV** – Aplicável em sistemas com motores de média e alta tensão

### Monitoramento de geradores:

**PA-PCM LV** – Aplicável em sistemas com geradores de baixa tensão.

**PA-PCM MV-HV** – Aplicável em sistemas com geradores de média e alta tensão



**PA-MCM**  
Motores

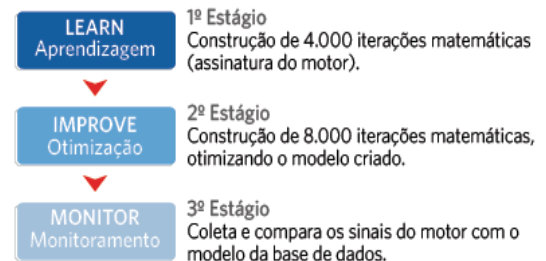
**PA-PCM**  
Geradores

### *Imagens ilustrativas*

## [2] Princípio de funcionamento

O funcionamento do módulo preditivo é baseado na criação de um **modelo matemático** do sistema.

A criação deste modelo é feita por meio de aquisições e processamento dos sinais de tensão e corrente elétrica (etapas LEARN e IMPROVE). Após a conclusão do processo de criação do modelo matemático o analisador monitora continuamente os sinais elétricos, comparando-os com o modelo pré-estabelecido permitindo a geração de um **status** da aplicação.



### Como detectar falhas mecânicas utilizando apenas sinais elétricos?

Este método de detecção é chamado de **MCM** (Motor Condition Monitor) e faz parte de uma nova geração de analisadores preditivos, com menor custo e maior facilidade de instalação.

A detecção de falhas mecânicas é possível pelo fato de que variações dessa natureza em sistemas com motores/geradores se reproduzem nos espectros dos sinais elétricos (tensão e corrente). As variações ocorridas em componentes associados (engrenagens e redutores, por exemplo) também se reproduzem na corrente do motor.

Vale ressaltar que **PA-MCM** e **PA-PCM** não devem ser tratados como substitutos para as técnicas tradicionais de manutenção preditiva. Sua função é **complementar** e aumentar a eficiência da gestão de manutenção.

### [3] Aplicações

#### PA-MCM:

- Processos críticos;
- Bombas;
- Compressores;
- Transportadores;
- Sistemas de ventilação;
- Qualquer processo cíclico;

#### Tipos de falhas identificáveis em estágio inicial

- Desbalanceamento e desalinhamento mecânico
- Falhas em rolamentos.
- Problemas em rotores (barras quebradas, excentricidade)
- Eixo curvo
- Vazamentos
- Problemas de isolamento nos enrolamentos do estator.
- Cavitação,

Entre outras.

#### PA-PCM:

- Geradores;

#### Tipos de falhas identificáveis em estágio inicial

- Desbalanceamento e desalinhamento mecânico
- Falhas em rolamentos.
- Desbalanceamento elétrico
- Problemas de isolamento nos enrolamentos (incluindo o efeito de presença de descarga parciais).

### [4] Grandezas medidas

- Tensão (fase-neutro)
- Corrente (por fase)
- Potência ativa (trifásica)
- Fator de Potência (trifásico)
- THD (por fase, de tensão ou de corrente)\*\*

\*\* A programação de fábrica é para que o THD seja calculado em relação à corrente da fase 1. É possível reprogramar o **PA-MCM/PA-PCM** para que tome como referência outros canais de medição.

### [5] Precisão

**PA-MCM/PA-PCM** são instrumentos orientados para análise preditiva.

Portanto, os valores de grandezas elétricas mostrados devem ser tomados como referências.

### [6] Características Elétricas

#### ALIMENTAÇÃO AUXILIAR

- Nominal: 85-256 Vc.a. /120-375 Vc.c.
- Consumo interno: 9 VA

#### ENTRADA DE TENSÃO

##### **PA-MCM LV/PA-PCM LV**

- Nominal (Vn): 380 - 480 V c.a. (F-F)
- Freqüência: 50 - 60Hz

##### **PA-MCM LV-Inverter**

- Nominal (Vn): 380 - 480 V c.a. (F-F)
- Freqüência: 10 - 120Hz

##### **PA-MCM MV-HV/PA-PCM MV-HV**

- Nominal (Vn): 100 Vc.a. (F-N)
- Freqüência: 50-60 Hz

#### ENTRADA DE CORRENTE

##### **PA-MCM/PA-PCM LV , PA-MCM/PA-PCM MV-HV**

- Nominal (In): 5Ac.a.

Opcional de In = 1Ac.a. para PA-MCM LV e PA-MCM MV-HV, consulte área técnica.

### [7] Características Mecânicas

#### DISPLAY

- Tipo: LCD (2 linhas x 16 caracteres)

#### INVÓLUCRO

- Material: alumínio com proteção para superfície (RAL 7032)
- Grau de proteção: IP-20 para invólucro

#### MONTAGEM

- Tipo: porta de painel (sobrepôr)
- Posição de montagem: horizontal
- Fixação: parafusos laterais

#### CONEXÕES ELÉTRICAS

- Tipo: borne de encaixe rápido
- Grau de proteção: IP-00
- Cabo máximo a ser utilizado: 2,5mm<sup>2</sup>

## [8] Condições ambientais relevantes

- Temperatura de operação: 0 a 40°C
- Temperatura de armazenamento e transporte: 0 a 60° C
- Umidade relativa do ar: máximo de 90% (sem condensação)

## [9] Interface Serial

- Tipo: RS-485 a 2 fios, Rs-422 a 4 fios
- Velocidade: 300-19200 bps
- Formato de dados: 8O1, 8O2, 8E1, 8E2 (configurável)
- Endereço: 1 a 255 (configurável)
- Protocolo: ARTEBUS
- Cabo: Para a RS-485 deve sempre ser utilizado cabo blindado, com no mínimo duas vias, secção mínima de 0,25mm<sup>2</sup> e impedância característica de 120 ohms.

## [10] Saída Relé

Quando uma indicação de alarme é realizada pelo **PA-MCM**, a saída relé é acionada.

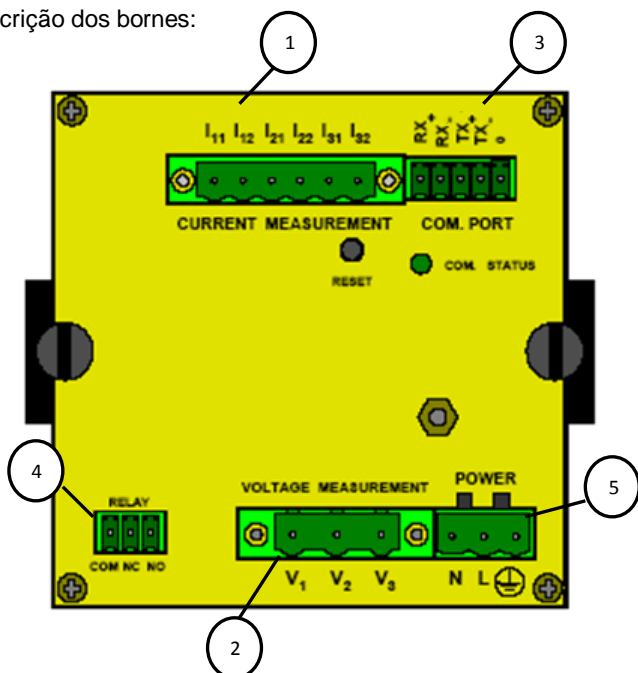
- Tipo: contato seco (NA/NF)
- Nível de Tensão: até 110 Vc.a., 30 Vc.c.
- Nível de Corrente: até 0,6 A c.a., 2 Ac.c.

## [11] Softwares aplicáveis

- Software MCMSCADA para monitoramento contínuo e análise da aplicação.

## [12] Esquemas de Ligação

Descrição dos bornes:



### 1) Entradas de Corrente

Borne	Descrição	Função
I <sub>11</sub>	Current Measurement	Entrada S1 - TC da Fase R
I <sub>12</sub>		Entrada S2 - TC da fase R
I <sub>21</sub>		Entrada S1 - TC da fase S
I <sub>22</sub>		Entrada S2 - TC da fase S
I <sub>31</sub>		Entrada S1 - TC da fase T
I <sub>32</sub>		Entrada S2 - TC da fase S

### 2) Entradas de Tensão

Borne	Descrição	Função
V <sub>1</sub>	Voltage Measurement	Entrada de Tensão Fase R
V <sub>2</sub>		Entrada de Tensão Fase S
V <sub>3</sub>		Entrada de Tensão Fase T

### 3) Saída RS-485/RS-422

Borne	Descrição	Função
RX -	COM. PORT	RX - : Comunicação
RX +		RX + : Comunicação
TX -		TX - : Comunicação
TX +		TX + : Comunicação
0		Aterramento : Comunicação

### 4) Saída a Relé

Borne	Descrição	Função
COM	RELAY	COM: comum – saída a relé
NC		NC: Normalmente Fechado Saída a relé
NO		NO: Normalmente Aberto Saída a relé

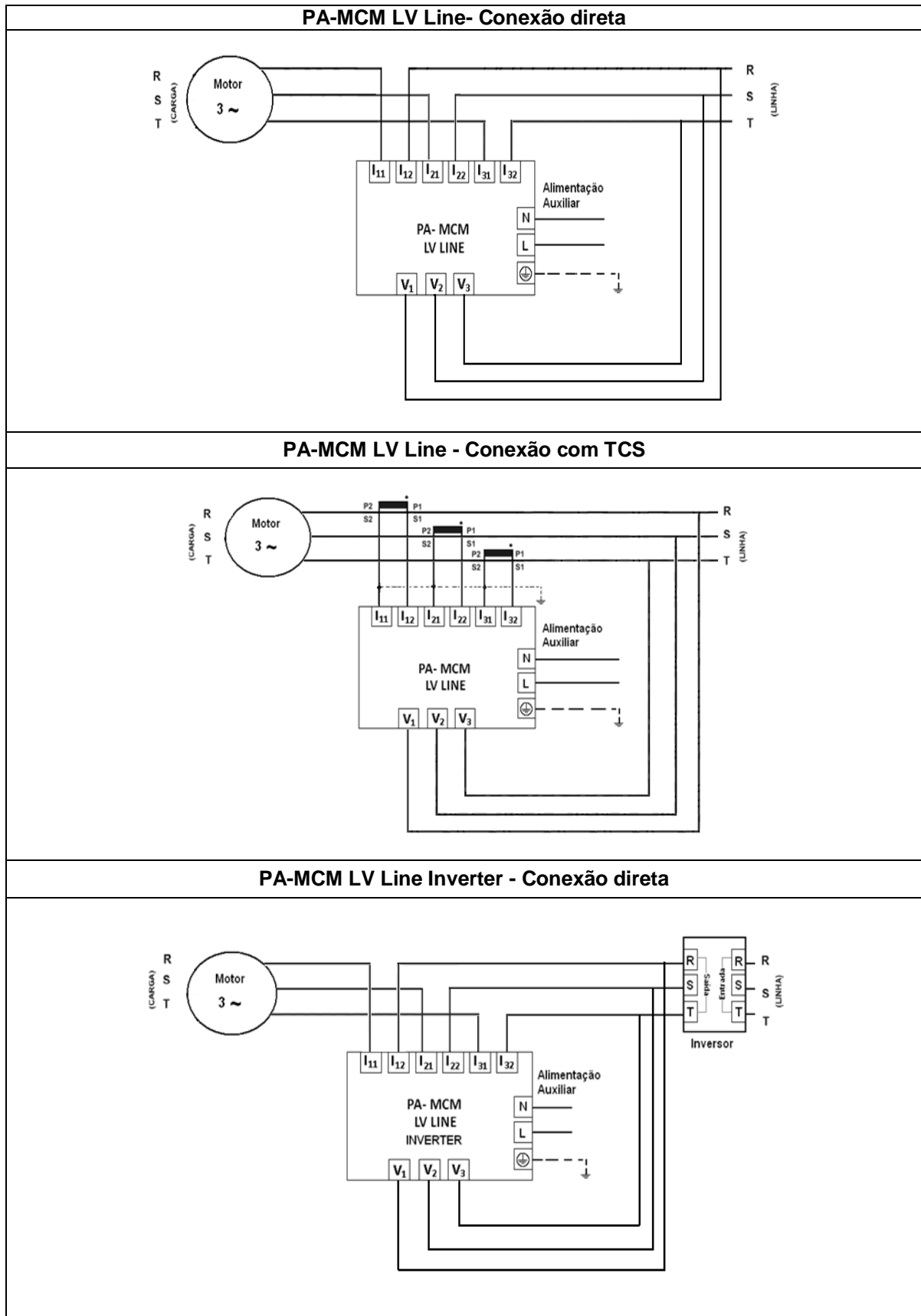
### 5) Alimentação Auxiliar

Borne	Descrição	Função
N	POWER	Entrada de Alimentação - Neutro
L		Entrada de Alimentação - Fase
(Símbolo de terra)		Entrada de Alimentação - Aterramento

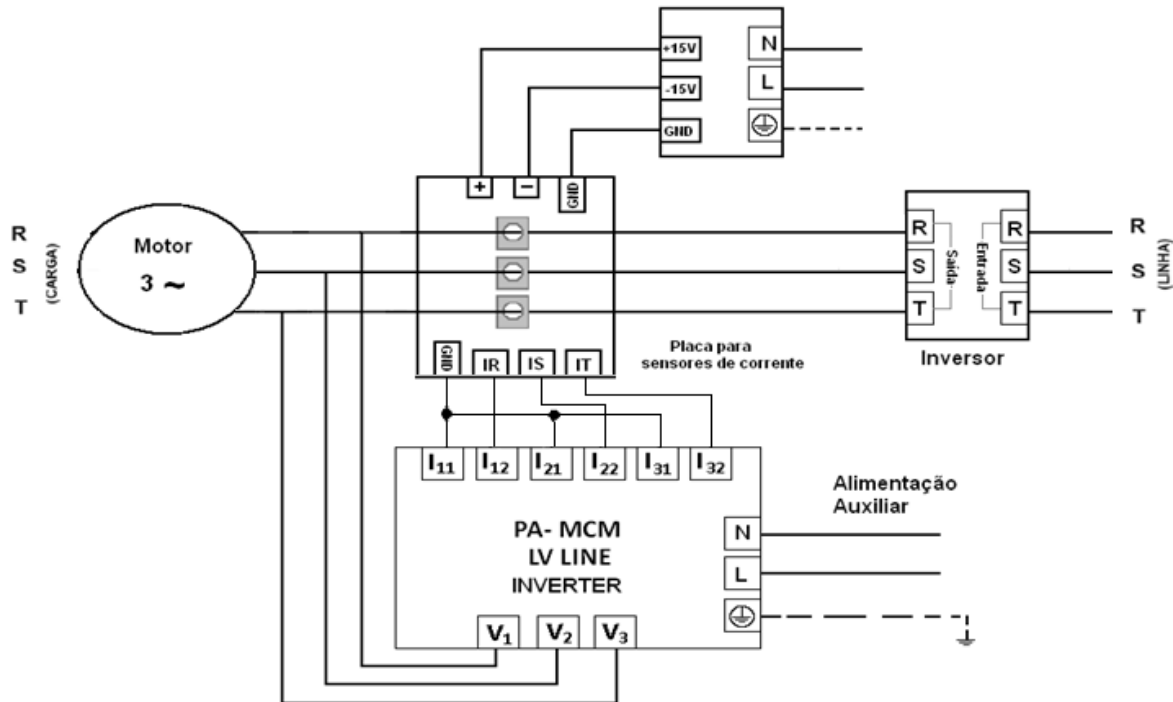
Recomendações:

- Cabo recomendado: secção mínima de 1,5mm<sup>2</sup> para tensão e alimentação auxiliar.
- Para o sinal de corrente, o dimensionamento depende da distância e potência dos TCs envolvidos.
- A alimentação auxiliar deve sempre ser feita de acordo com o painel traseiro do analisador preditivo.

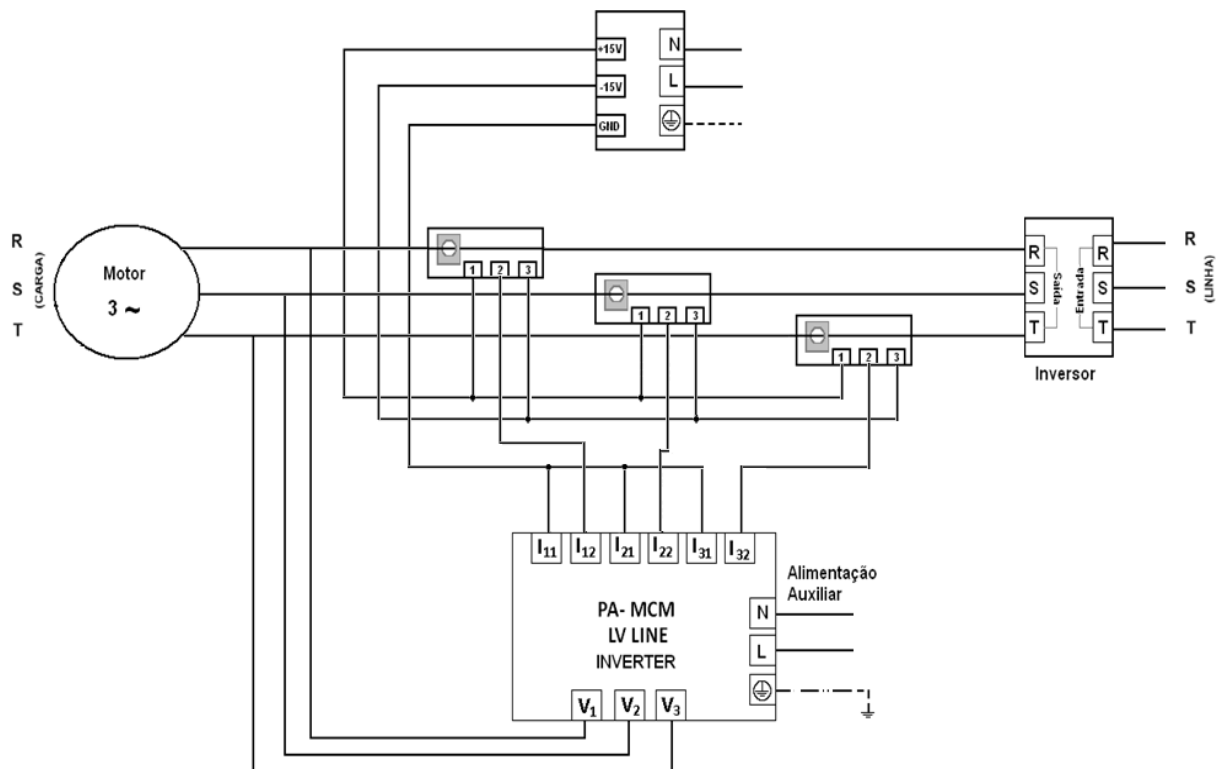
[12] Esquemas de Ligação (continuação)



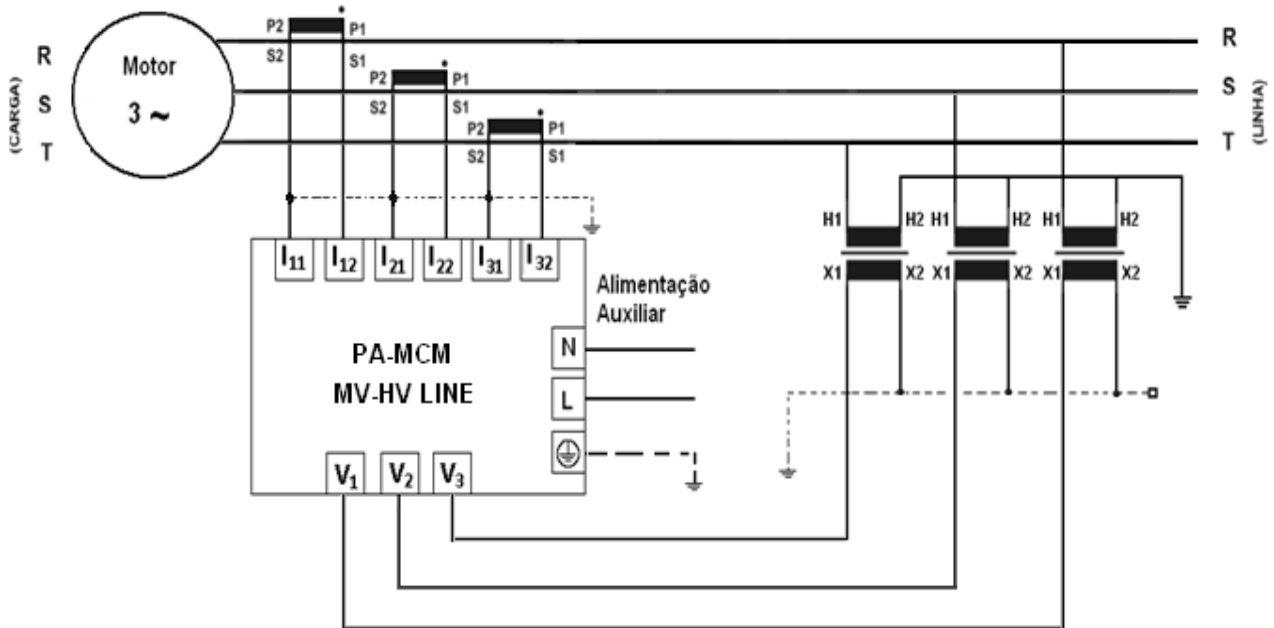
## PA-MCM LV Inverter Conexão com sensores de efeito hall – de 6 a 200 A



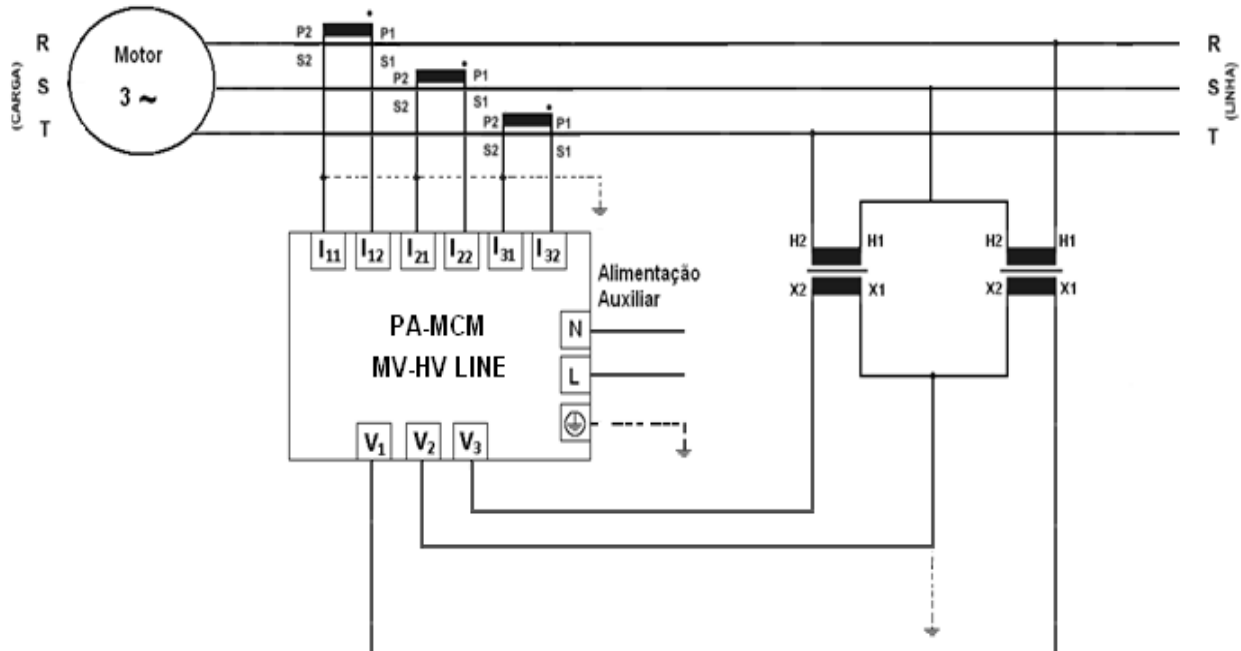
## PA-MCM LV Line Inverter Conexão com sensores de efeito hall – de 200 a 2000 A



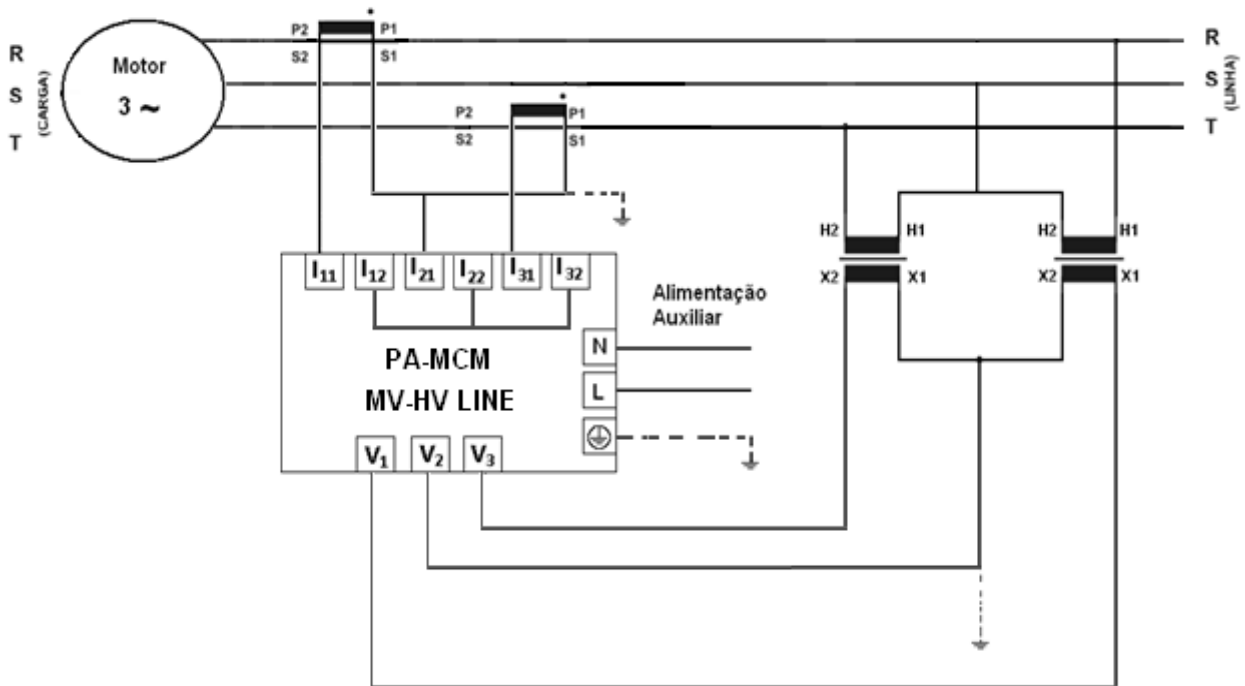
**PA-MCM MV-HV Line  
Conexão com 3TPs e 3TCs**



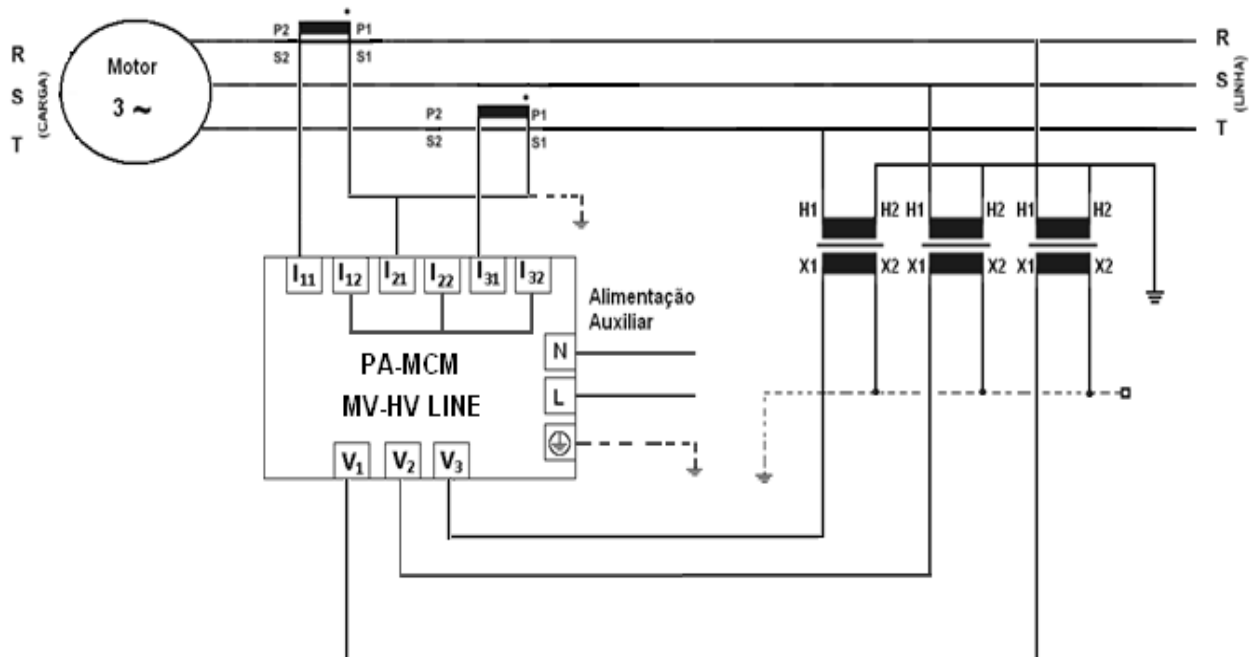
**PA-MCM MV-HV  
Conexão com 2TPs e 3TCs (Delta)**



**PA-MCM MV-HV  
Conexão com 2 TPs e 2 TCs (Delta)**



**PA-MCM MV-HV  
Conexão com 3 TPs e 2 TCs (Delta)**



- No caso de uso de transformadores externos estes deverão ser de medição.
- É possível utilizar fusíveis de proteção em série com as entradas de tensão e com a alimentação auxiliar.
- Os sensores de efeito hall para o modelo LV Line Inverter necessitam de fonte de alimentação.
- **Nunca** deixar o secundário dos TCs em aberto, não use fusíveis ou disjuntores em série com o circuito de corrente e não utilize os TCs com corrente de trabalho acima da permitida. É recomendável a instalação de bloco de aferição.
- Os esquemas de ligação para os **PA-PCM LV** e **PA-PCM MV-HV** são análogos aos destinados para os **PA-MCM LV Line** e **PA-MCM MV-HV**, respectivamente.

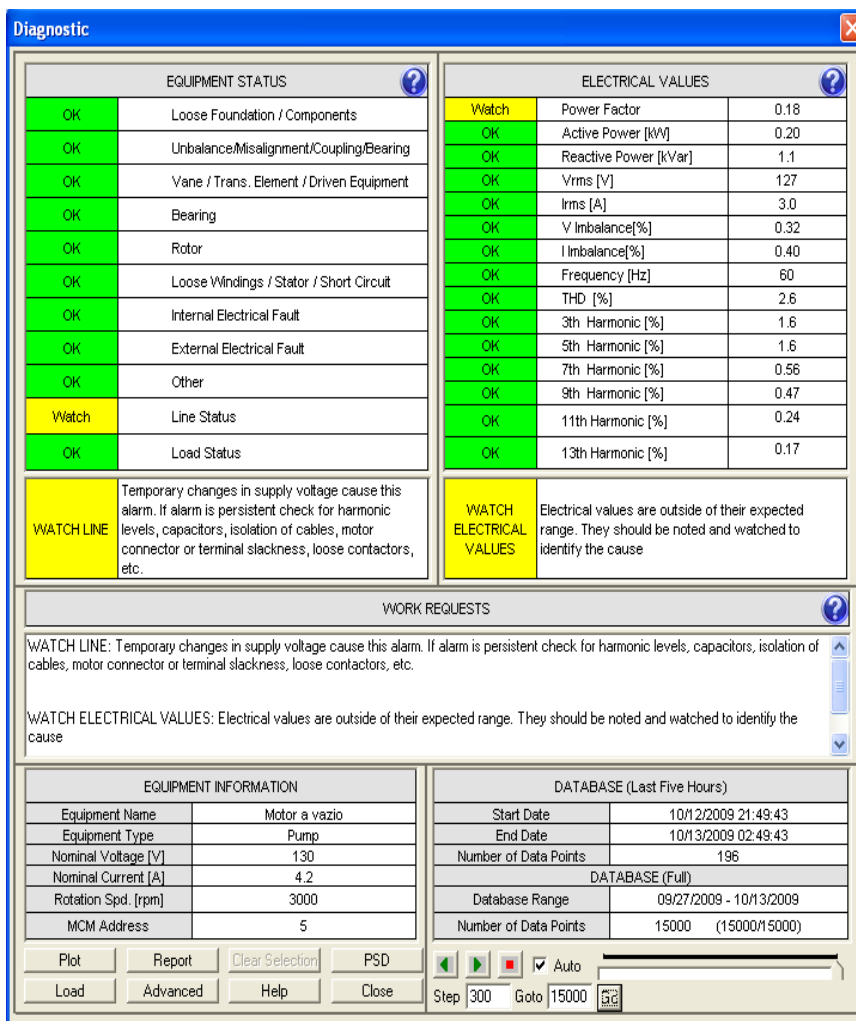
## [13] MCM SCADA

O software **MCMSADA** é uma poderosa ferramenta de auxílio para gestão de manutenção preditiva. Por meio de sua interface gráfica, permite ao usuário obter e visualizar as informações em tempo real a partir do **PA-MCM/PA-PCM**, e, posteriormente, exibir sua base de dados de modo transparente e intuitivo.

Utilizando o banco de dados do software, pode-se ter acesso, por meio de uma rede de comunicação, ao histórico de parâmetros elétricos e mecânicos de cada sistema monitorado.

Ao acessar os dados de um sistema, é possível visualizar uma tela de diagnóstico, contendo os parâmetros determinados durante a fase de aprendizado. A partir desse ponto, é possível verificar curvas de tendência dos parâmetros, avaliando o comportamento ao longo do período de monitoramento.

Abaixo, um exemplo de tela de diagnóstico.



The screenshot shows a 'Diagnostic' window with the following sections:

EQUIPMENT STATUS		ELECTRICAL VALUES	
OK	Loose Foundation / Components	Watch	Power Factor 0.18
OK	Unbalance/Misalignment/Coupling/Bearing	OK	Active Power [kW] 0.20
OK	Vane / Trans. Element / Driven Equipment	OK	Reactive Power [kVar] 1.1
OK	Bearing	OK	Vrms [V] 127
OK	Rotor	OK	Irms [A] 3.0
OK	Loose Windings / Stator / Short Circuit	OK	V Imbalance[%] 0.32
OK	Internal Electrical Fault	OK	I Imbalance[%] 0.40
OK	External Electrical Fault	OK	Frequency [Hz] 60
OK	Other	OK	THD [%] 2.6
Watch	Line Status	OK	3th Harmonic [%] 1.6
OK	Load Status	OK	5th Harmonic [%] 1.6
WATCH LINE	Temporary changes in supply voltage cause this alarm. If alarm is persistent check for harmonic levels, capacitors, isolation of cables, motor connector or terminal slackness, loose contactors, etc.	WATCH ELECTRICAL VALUES	Electrical values are outside of their expected range. They should be noted and watched to identify the cause

**WORK REQUESTS**

WATCH LINE: Temporary changes in supply voltage cause this alarm. If alarm is persistent check for harmonic levels, capacitors, isolation of cables, motor connector or terminal slackness, loose contactors, etc.

WATCH ELECTRICAL VALUES: Electrical values are outside of their expected range. They should be noted and watched to identify the cause

EQUIPMENT INFORMATION		DATABASE (Last Five Hours)	
Equipment Name	Motor a vazio	Start Date	10/12/2009 21:49:43
Equipment Type	Pump	End Date	10/13/2009 02:49:43
Nominal Voltage [V]	130	Number of Data Points	196
Nominal Current [A]	4.2	DATABASE (Full)	
Rotation Spd. [rpm]	3000	Database Range	09/27/2009 - 10/13/2009
MCM Address	5	Number of Data Points	15000 (15000/15000)

Buttons: Plot, Report, Clear Selection, PSD, Load, Advanced, Help, Close. Step 300, Goto 15000, Auto checked.



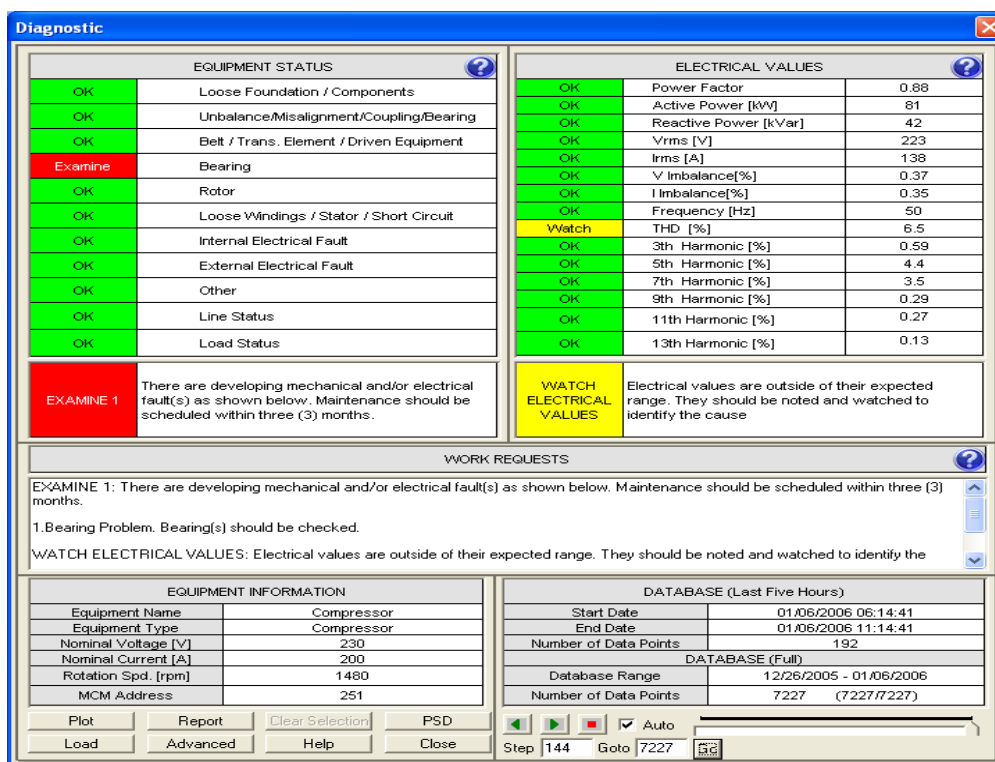
Na coluna **Equipment Status** estão presentes os parâmetros elétricos e mecânicos determinados a partir do modelo construído, cada um com nível de estado, assim como ocorre com o Status da aplicação, presente logo abaixo. Esse campo pode assumir os seguintes estados:

NORMAL	Equipamento operando como esperado.
WATCH LINE	Mudanças temporárias na tensão de alimentação causam esse tipo de alarme. Se a indicação persistir, é necessário avaliar níveis de harmônicos, capacitores, disjuntores, contadores, maus contatos nas conexões.
WATCH LOAD	Se as condições de carga do processo não foram alteradas deliberadamente, checar vazamentos, ajuste de válvulas e aletas, falhas em manômetros, filtros ficando sujos (Ventiladores, compressores), etc. Se a mudança de condição de processo foi realizada de modo deliberado, deve-se realizar um UPDATE.
WATCH EXISTING FAULTS	O funcionamento do sistema monitorado é NORMAL embora existam falhas dentro de níveis aceitáveis. Estas falhas devem ser identificadas e corrigidas na próxima manutenção programada; entretanto tal ação deve ser tomada em até 6 meses.
EXAMINE 1	Existem falhas mecânicas ou elétricas em evolução. Uma manutenção deve ser agendada dentro de 3 meses.
EXAMINE 2	Existem falhas mecânicas ou elétricas em evolução. Manutenção e ações corretivas devem ser realizadas o mais rápido possível.

A coluna “Electrical Values” apresenta os parâmetros elétricos medidos. De mesmo modo, cada parâmetro possui nível de estado.

### Falhas em evolução

O exemplo abaixo mostra um caso em que o instrumento indica Examine 1, condição de alarme que pode ser analisada ao checar o parâmetro **Bearing**, relacionado a rolamentos.



The screenshot shows the 'Diagnostic' window with the following sections:

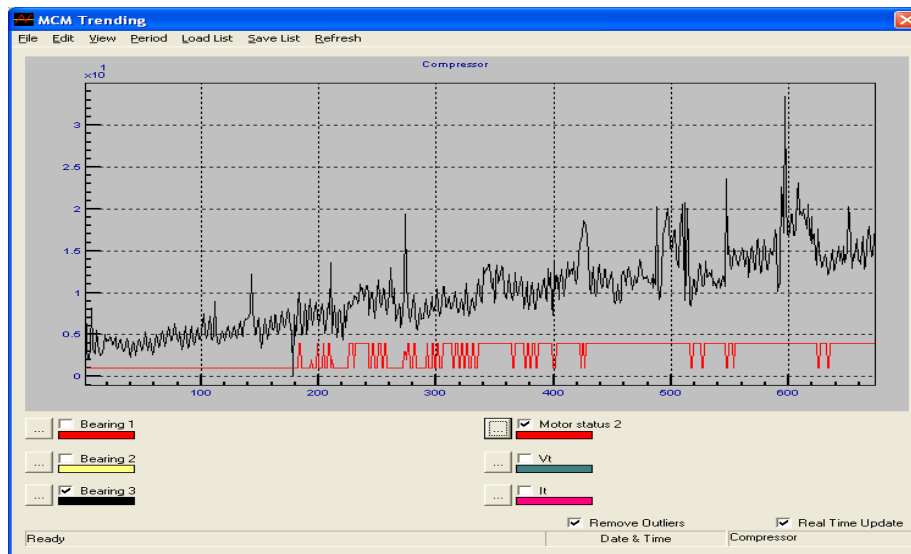
- EQUIPMENT STATUS:** A list of parameters with status indicators. 'Bearing' is highlighted in red with the status 'Examine'.
- ELECTRICAL VALUES:** A table of electrical parameters. 'THD [%]' is highlighted in yellow with the status 'Watch'.
- WORK REQUESTS:** A section with a red 'EXAMINE 1' alert: 'There are developing mechanical and/or electrical fault(s) as shown below. Maintenance should be scheduled within three (3) months.' and a yellow 'WATCH ELECTRICAL VALUES' alert: 'Electrical values are outside of their expected range. They should be noted and watched to identify the cause.'
- EQUIPMENT INFORMATION:**

Equipment Name	Compressor
Equipment Type	Compressor
Nominal Voltage [V]	230
Nominal Current [A]	200
Rotation Spd. [rpm]	1480
MCM Address	251
- DATABASE (Last Five Hours):**

Start Date	01/06/2006 06:14:41
End Date	01/06/2006 11:14:41
Number of Data Points	192
- DATABASE (Full):**

Database Range	12/26/2005 - 01/06/2006
Number of Data Points	7227 (7227/7227)

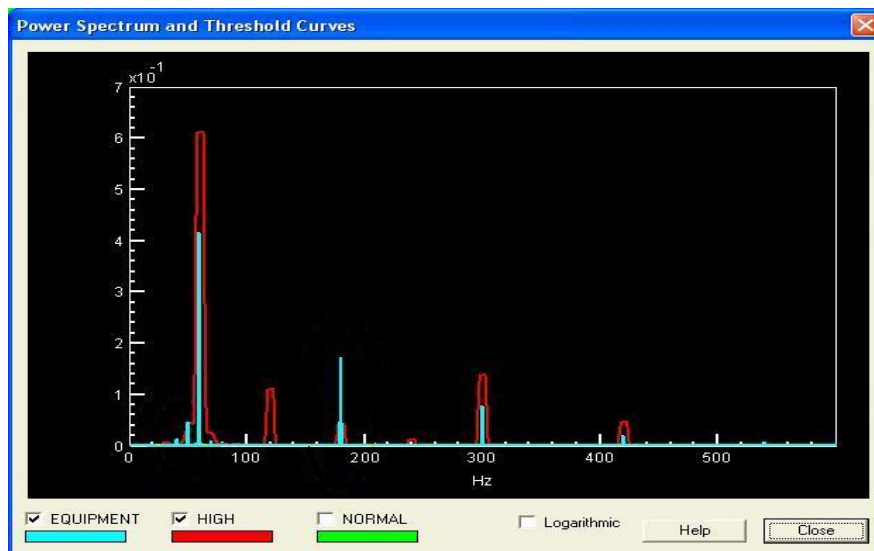
Abaixo, uma das curvas de tendência que representa o parâmetro citado:



É possível observar que os valores de amplitude ao longo do monitoramento para o parâmetro mostrado aumentaram significativamente durante o processo e que indicações de alarme (representadas pela curva Motor Status 2) acompanharam essa evolução.

#### Falhas Pré-existentes

Após a conclusão do período de aprendizado é possível ter acesso ao gráfico de PSD (Power Spectral Density). Neste gráfico, o sinal obtido é comparado com aquele que deveria ser gerado por um sistema operando corretamente; os parâmetros cujas faixas de frequência pertencerem àquelas em que o valor obtido supera o valor comparado sinalizam para uma condição de falha já existente.



#### Eficiência de Manutenção

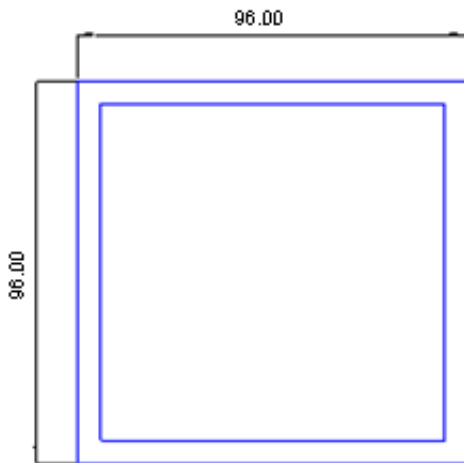
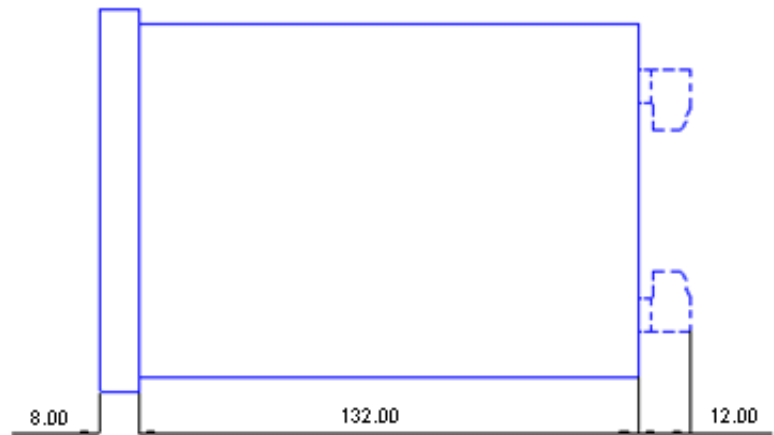
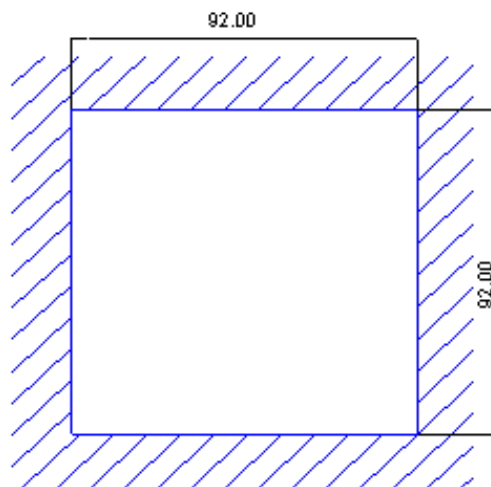
Após uma indicação de falha e conseqüentes manutenção e reinstalação do motor, é possível utilizar as curvas de tendência de parâmetros do **MCM SCADA** para verificar se o procedimento foi realizado de modo correto. Pode-se fazer com que o **PA-MCM/PA-PCM** passe por um novo período de aprendizado e, a partir do gráfico de **PSD** gerado, fazer uma comparação e avaliar se os problemas foram resolvidos.

**Funcionalidades**

- Níveis de acesso para usuário
- Notificação de alarmes por e-mail
- Envio de relatórios de condição da aplicação por e-mail.
- Base de dados compatível com os padrões SQL e ODBC.
- Integração a Ethernet por meio de conversores (versão TCP/IP)

**[14] Dimensional**

Dimensões em milímetros.

Tolerância:  $\pm 1\text{mm}$ **Vista Frontal****Vista Lateral****Recorte do Painel**

**[15] Especificação por código**

A codificação do produto permite a correta especificação em projeto, garantindo que o material comprado seja exatamente o necessário para a aplicação.

A identificação é feita por meio de uma seqüência alfanumérica de 11 caracteres:

<b>Z</b>	Fixo
<b>1</b>	Fixo
<b>2</b>	Fixo
<b>4</b>	<b>Modelo:</b> <b>PA-MCM/PA-PCM</b>
<b>P</b>	<b>Família PA (Analizador Preditivo)</b>
<b>1</b>	<b>Grau de proteção:</b> <b>1: Padrão</b>
—	<b>Tipo:</b> 151 – MCM LV LINE – 5Ac.a. 161 – MCM LV LINE – 1Ac.a.** 251 – MCM MV-HV LINE – 5Ac.a. 361 – MCM MV-HV LINE – 1Ac.a.** 399 – MCM LV LINE INVERTER 551 – PCM LV LINE 651 – PCM MV-HV LINE
—	<b>Saída:</b> <b>1: RS- 485/RS-422 + relé</b>
—	<b>Alimentação auxiliar:</b> <b>1: 85-256 Vc.a./120-375 Vc.c.</b>
—	Terminação: <b>0: Padrão (terminal de encaixe rápido)</b>
—	Software: <b>1: MCMScada - Incluso</b>

\*\* Itens sob consulta.

**Observações relativas à codificação:**

- 1) Os itens assinalados em negrito indicam a opção padrão, que possui maior disponibilidade de estoque;
- 2) Para o modelo MCM-LV Inverter, é necessário definir previamente as características de corrente nominal e as dimensões do cabo/barramento para fins de definição do conjunto de sensores de corrente.

**[16] Normalizações**

Os **PA-MCM/PA-PCM** atendem as seguintes normas:

- EN 55011 CE
- EN 61000
- EN 60950

As informações contidas nesta ficha técnica estão sujeitas à alteração sem aviso prévio.

Para correta utilização do produto, deve ser consultado o Manual do Usuário antes de sua instalação ou operação.

Alguns itens apresentados podem ser opcionais, sendo necessária a correta especificação do produto por meio do código.

**Descarte do aparelho**

Os produtos que exibem este símbolo devem ser descartados separadamente dos resíduos domésticos regulares, conforme legislação ambiental local.

Caso não consiga informações seguras, entre em contato com nossa assistência técnica através do telefone (11) 5525-2027 ou do site [www.kron.com.br](http://www.kron.com.br).