

Capítulo 3 – Relés de Sinal

3.1. BREVE DESCRIÇÃO

Ao longo do tempo as funções dos relés foram-se diversificando e no início do século passado, os primeiros sistemas telefónicos eram construídos à base de relés eletromecânicos.

Com o aparecimento dos semicondutores os relés sofreram uma miniaturização, onde têm sido com sucesso aplicados em sistemas de telecomunicações, equipamentos de teste, equipamentos médicos, eletrónica habitacional, periféricos de computadores e em aplicações automóveis.

Em Évora, na nova fábrica da AXICOM, produzem-se quatro famílias de relés de sinal: FP2, FX2, IM e HF, as vistas “explodidas” de cada um deles estão representadas na Figura 89.

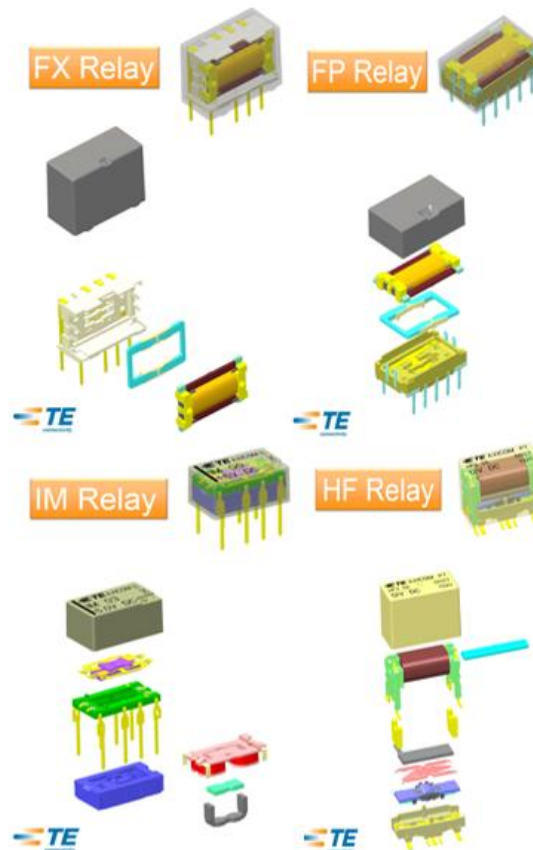


Figura 89: Vista explodida das quatro famílias de relés produzidas em Évora

Atualmente o IM sendo um relé de sinal, além dos clientes de telecomunicações também tem aplicações no ramo automóvel.

Os relés de sinal apresentam as seguintes principais vantagens:

- São robustos e fiáveis, mesmo em ambientes agressivos;
- Apresentam uma grande variedade de soluções de comutação (diferentes tipos de contactos);
- Possuem baixa resistência com contactos fechados e elevado isolamento com contactos abertos;
- Possuem isolamento elevado entre a bobine e os contactos (5000V) e entre contactos (mais de 2500V);
- Apresentam boas características de rádio frequência (isolamento, inserção, etc.);
- São fáceis de usar;
- Apresentam uma boa relação custo/eficiência.

Na Tabela 16 estão especificadas algumas das características dos relés de sinal em comparação com os concorrentes.

Tabela 16: Características dos relés de sinal face aos concorrentes [7]

	Relés de telecom. e de sinal	Transístor	Solid State Relays	Optocoupler
Separação mecânica	Sim	Não	Apenas do driver para a carga	Apenas do driver para a carga
Capacidade de suportar sobrecargas	Elevada	Baixa	Baixa	Baixa
Dielétrico	Elevado	Baixo	Elevado	Elevado
Resistência de contacto	Baixa	Média	Alta	Alta
Estabilidade da resistência de contacto	Sim	Não	Não	Não
Cargas bidireccionais	Sim	Não	Sim	Não
Ressalto	Sim	Não	Não	Não
Correntes de fuga	Não	Sim	Sim	Sim
Cargas	Altas	Baixas	Médias	Médias
Velocidade de comutação	Elevada	Baixa	Elevada	Baixa
Nr de ciclos de comutação	Médio	Alto	Alto	Alto
Preço	Médio	Baixo	Elevado	Médio

Ao longo dos últimos anos verificaram-se grandes inovações no melhoramento do produto final. Algumas das alterações realizadas estão descritas a seguir:

- Os relés são selados com material plástico estanque de forma a introduzir gases inertes (SF6)
- As bobines foram substituídas por bobines achatadas que permitem a miniaturização dos relés,
- Passaram a ser usados novos plásticos de alta performance e baixo *outgassing* e novas resinas *epoxy* (*selar melhor os relés*);
- Utilização de novos materiais nos contactos de alta performance;
- Começaram a ser utilizados materiais mais amigos do ambiente.

3.2. TESTES

Após o fim da produção, os relés são sujeitos à execução de uma lista de testes *standard*, esta é uma lista define os testes que é necessário realizar, o número de amostras necessárias, o tempo duração, entre outros. A lista de testes é baseada em normas internacionais estabelecidas para procedimentos de testes a relés.

O engenheiro de testes tem a tarefa de aplicar os métodos de teste adequados de forma a identificar parâmetros que registem sinais da funcionalidade do relé, ajudando a produção e o utilizador final a garantir a performance adequada à aplicação. A indústria dos relés juntou e harmonizou em vários *standards*, ou normas orientadoras, os parâmetros que deverão ser testados (num relé específico), de que forma, quanto tempo, etc.; para cobrir os vários requisitos das aplicações, desde comutação de sinais digitais a comutação de cargas elevadas.

O engenheiro de testes terá de escolher de entre os vários *standards*, quais os testes de rotina que se adequam ao relé, deixando de parte aqueles que submetam o relé ao limite da sua funcionalidade para pequenas amostras que irão indicar os limites destas funcionalidades.

Muitas das decisões assentam na expectável estabilidade de determinados parâmetros. Os contactos dos relés oferecem um verdadeiro desafio aos engenheiros de produção e de laboratório, já que a variação do comportamento elétrico entre relés é diferente entre cada componente de cada lote.

O relé para ser aprovado terá de passar em todos os testes especificados para aprovação. Os testes englobam quatro áreas em que o relé terá de ser testado, testes de baixa tensão, testes de alta tensão, testes ambientais e testes mecânicos.

3.3. TESTES DE BAIXA TENSÃO

Os parâmetros para baixa tensão em relés eletromecânicos englobam os seguintes parâmetros:

- Resistência de contactos;
- Resistência de bobine;
- Tensões de operação e desoperação;
- Tempos de operação e desoperação;
- Tempos de ressalto.

Todos os testes em baixa tensão, tensão de operação e desoperação (funcionais), tempos, resistência de bobine e contactos, são feitos em aparelhos da britânica ART, em concreto o Reflex10M, ou RT290. Na Figura 87 está uma fotografia do sistema de testes RT290.



Figura 90: RT290 sistema de teste em baixa tensão [19]

3.4. MEDIÇÃO DE RESISTÊNCIA

A resistência dos contactos pode ser medida entre os terminais do relé usando o método *voltage drop*, ou queda de tensão na resistência de medição. Na Figura 91 está uma imagem ilustrativa da medição na resistência de contactos pelo *voltage drop* (queda de tensão na resistência de medição).

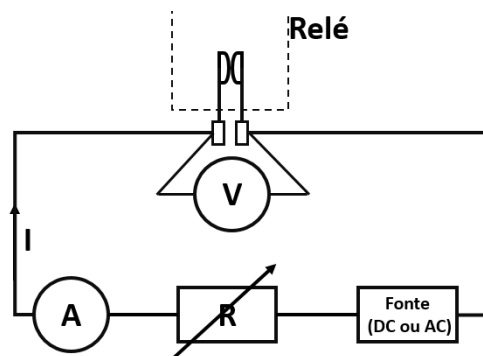


Figura 91: Circuito de medição da resistência de contactos

Este sistema permite medir a resistência dos próprios contactos e também medir a resistência do sistema da mola que está incluída na resistência de contactos. Para fazer a medição da resistência de contactos é necessário ter em conta a característica do sistema de contactos. A tensão e a corrente de teste a ser aplicada no circuito de medição tem de ter em conta as condições do circuito de carga. Na Tabela 17 a coluna da esquerda indica a corrente de carga a aplicar e na coluna da direita a respetiva corrente de medição.

Tabela 17: Corrente de Teste (de acordo com a IEC61810-7)

Corrente nominal ou de comutação (A)	Corrente de teste (mA)
< 0.01	1
≥ 0.01 ; ≤ 0.1	10
≥ 0.1 ; ≤ 1	100
≥ 1	1,000

As cargas para medir a resistência de contactos estão definidas em três níveis:

- Baixo nível 10 μ A a 50mV até 10mA a 6V;
- Intermédio: 10mA a 6V até 100mA a 28V;
- Nível alto: mais de 100mA a 28V

Para medir os relés de sinal nos aparelhos de laboratório são usadas cargas de baixo nível de 50 mV e 10-100 mA, sendo possível configurar por código estas cargas.

Estas diferenças nas cargas de medição prendem-se com o facto de existirem diferentes aplicações, e os relés são “adaptados” às exigência da aplicação. Por exemplo: o tipo de material de contacto implica diferentes resistências de contactos.

Para as aplicações com altas tensões/correntes a medição da resistência de contactos inicial (que é baixa) não é problemática. Mas se no início for um pouco alta (efeitos das camadas óxidos), rapidamente irá baixar devido aos efeitos de “limpeza” de *fritting* e destruição pelo calor das camadas de óxidos. Isto faz com que praticamente toda a tensão aplicada esteja disponível apenas na carga.

Para aplicações de baixa tensão, o efeito da resistência de contacto pode ser ignorada, isto se a resistência da carga for muito maior que a resistência de contactos. Neste caso todo o sinal de tensão irá estar disponível na carga, como é visível na Figura 92.

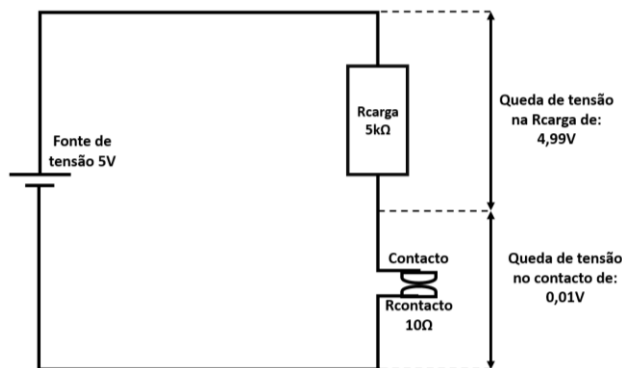


Figura 92: Queda de tensão nas resistências de carga e de medição

Este método apresentado (medição a dois pontos) pode ser usado, para medir contactos com poucas centenas de ohms, mas este método tem um erro associado devido ao facto de que a resistência dos fios de medição estar incluída no resultado da medição. O que é crítico nos relés de sinal, que têm resistências baixas de $10\text{m}\Omega$ a $100\text{m}\Omega$, o erro de *offset* da medição em dois pontos é cerca de dezenas de miliohms, por exemplo: se tivermos uma resistência de contactos de $20\text{m}\Omega$ poderá estar-se a ler, devido ao erro de *offset* na medição dos pontos, uma resistência de 1Ω (resistência dos cabos do multímetro digital).

Por esta razão, para relés de sinal que têm resistência de contactos de miliohms usa-se a medição a quatro pontos, também chamada de medição Kelvin.

3.4.1. MEDIÇÃO A QUATRO PONTOS (KELVIN)

Nas medições de teste existem apenas dois parâmetros para baixas resistências: a resistência de bobine e a resistência dos contactos.

A medição da resistência de bobine é possível de ser executada pelo método de 2 pontos, já que a maioria dos relés possui resistência de bobine no mínimo com dezenas de Ohms, subtraindo a resistência do circuito de medição (cabos ou fios) reduz-se o erro de medição. Esse erro face à resistência de bobine é no entanto desprezável.

A resistência de contactos não pode ser medida da mesma forma, uma vez que o erro de *offset* é superior à resistência dos contactos. Por esta razão, deverá ser usada a ligação a quatro pontos.

Numa ligação Kelvin, esquematizada na Figura 93, existem dois caminhos separados, um para a tensão (leitura) e um para a corrente (sinal). O sucesso desta medição resulta do facto de a corrente ser entregue à resistência de teste (contactos) por um par de fios e a queda de tensão resultante ser obtida e medida pelo outro par de fios. Com este método é possível medir-se até microohms.

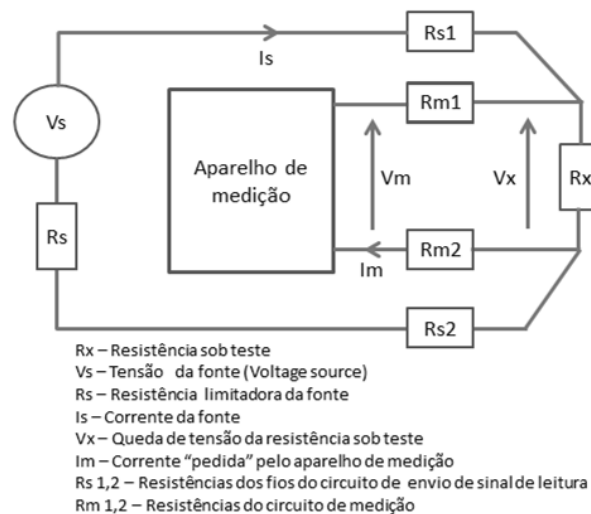


Figura 93: Esquema da medição Kelvin ou medição a 4 pontos

A resistência de bobine ou contacto é determinada pela corrente de medição I_s que flui no contacto fechado ou bobine, o qual possui uma determinada resistência R_x , gerando uma queda de tensão V_x , medida pelo aparelho de medição (com elevada impedância). A resistência é assim

calculada pela lei de Ohm, onde $R_x = V_x / I_s$. Com uma corrente de 100mA é relativamente fácil obter resistências de contacto com 1mΩ de precisão.

Tipicamente, o sistema de medição mede a corrente de teste I_s , de forma a saber o seu valor. Ao ser feita esta medição, as resistências R_s, R_{s1}, R_{s2} não influenciam a medição da resistência. Se o aparelho de medição tiver elevada impedância, vai retirar pouca corrente I_m , assegurando que a tensão de medição V_m é a mais aproximada possível da queda de tensão real V_x . Uma grande vantagem deste método, é que qualquer alteração na resistência dos 4 pontos/fios de medição não afecta a medição do valor final. É benéfico quando se tem um dispositivo que tem duas agulhas de medição (que encostam a cada pino do relé). Estas agulhas têm uma resistência, que ao pode variar, mas com este método não influencia em nada a medição final.

O erro de medição em DC ocorre no ponto de ligação, se existir uma diferença de temperatura entre metais dissimilares decorrente de efeito de *Seebeck*, e se o erro não poder ser ignorado, a medição em AC terá de ser usada.

A medição em AC elimina os erros térmicos associados à medição em DC, já que estes efeitos se anulam com a variação da corrente. Esta medição é feita duas vezes para ambas as polaridades do sinal. Tendo duas medições para ambas as polaridades, faz-se a média das duas medições e obtém-se o valor real da resistência que se quer medir.

É uma técnica importante na medição de baixas resistências e praticamente todos os equipamentos de medição usam.

3.5. MEDIÇÃO DOS TEMPOS

Existem vários tipos de medições de tempos que são necessárias para todos os relés.

Tempo de Operação (*Operating Time*): Consiste no tempo entre o momento que a tensão é aplicada na bobine até o contacto operar. Para o caso dos relés com mais do que um contacto, a medição deve ser feita até ao momento em que o contacto mais lento opera. O tempo de operação é dado para uma bobine a 23°C e não inclui o tempo de ressalto.

Tempo de Set (*Set time*): Esta medição é apenas realizada para os relés biestáveis. A medição deste tempo é feita desde o momento que a tensão nominal é aplicada à bobine de *Set* até o contacto operar. Para relés com mais do que um contacto, *Set Time* é o tempo até o contacto mais lento operar. O tempo de Set é dado para uma bobine a 23°C e não inclui o tempo de ressalto.

Tempo de desoperação (*ReleaseTime*): O tempo é medido desde o momento que a tensão nominal é retirada da bobine até o contacto desoperar. Para relés com contactos NO, o tempo de *release* é o tempo até o contacto mais lento abrir. Para relés com mais do que um contacto, é até ao momento em que o contacto mais lento desopera.

Tempo de *Reset* (*Reset Time*): A medição deste tempo é apenas para o caso dos relés biestáveis. O tempo é medido desde a tensão nominal ser aplicada na bobine até ao contacto desoperar. Para relés com contactos NO, o tempo de *reset* é o tempo até o contacto mais lento abrir. Para relés com mais do que um contacto, é até ao momento que o contacto mais lento desopera. O tempo de *Reset* é dado para uma bobine a 23°C e não inclui o tempo de ressalto.

Na Figura 94 estão visíveis os gráficos do comportamento típico de um relé monoestável e biestável. Pode-se ver o comportamento dos contactos quando se coloca e retira tensão na bobine.

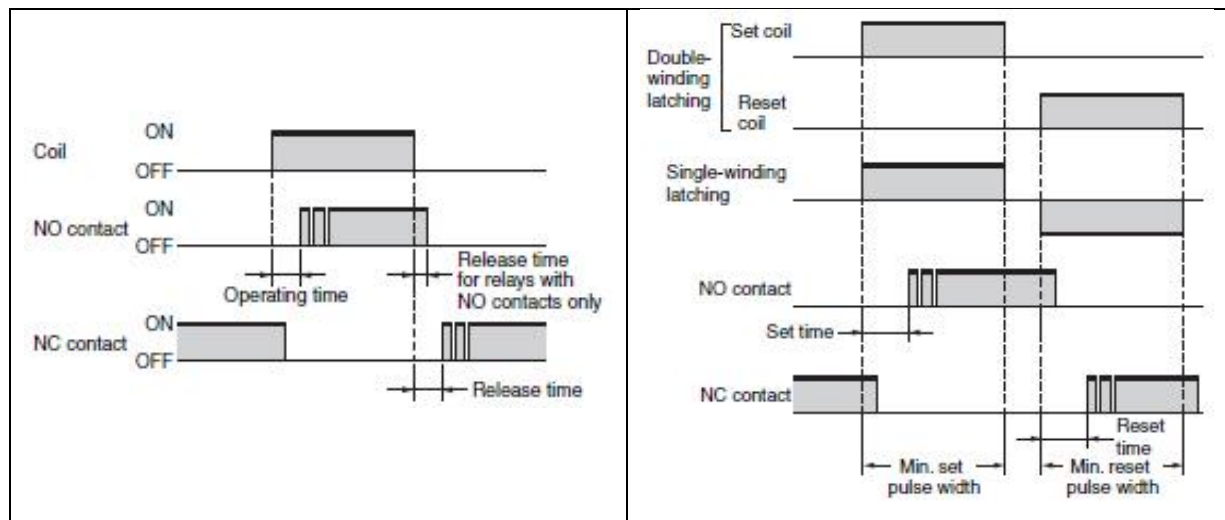


Figura 94: Gráfico dos tempos de um relé monoestável e de um biestável com uma e duas bobines. [17]

Tempo de Ressalto (*Bounce*): Consiste na comutação intermitente entre os contactos devido ao choque e vibração causados pelo impacto das peças móveis do relé a colidir, a armadura com o núcleo e o contacto com o contacto.

Operating bounce time: É o tempo de *bouncing* para contactos NO quando a tensão nominal é aplicada numa bobine a 23°C.

Release bounce time: É o tempo de *bouncing* para os contactos NC quando a tensão nominal é retirada numa bobine a 23°C.

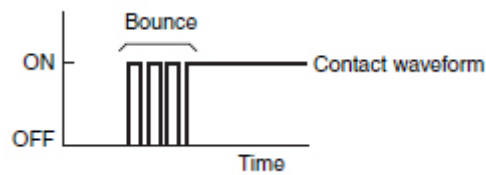


Figura 95: Ressalto ou *bouncing* [17]

3.6. MEDIÇÃO FUNCIONAL

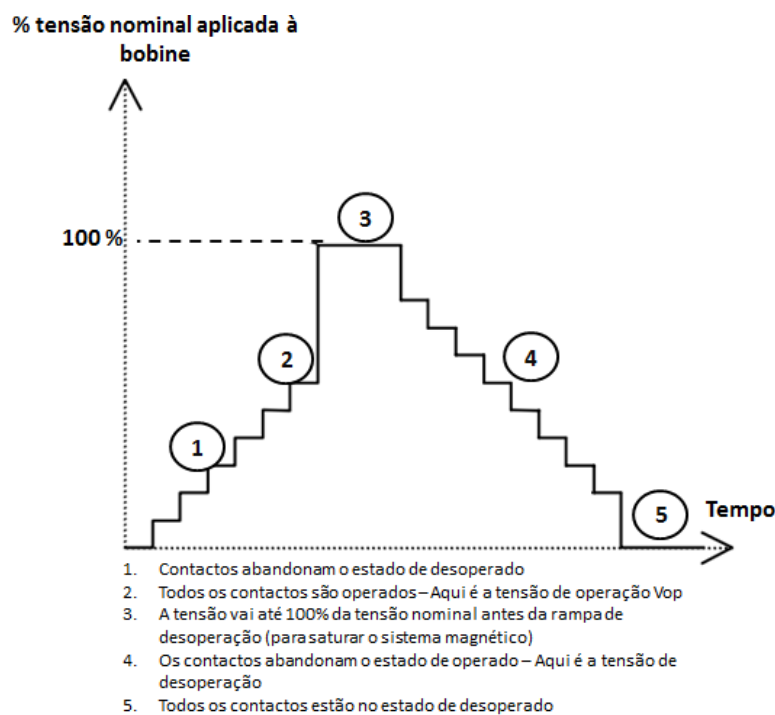


Figura 96: Diagrama da tensão de medição da operação do relé monoestável

O diagrama da Figura 96 demonstra uma aplicação típica de tensão na bobine de um relé monoestável onde existem quatro tensões:

1. A tensão parte do valor zero e vai aumentar até o relé operar: aqui é medida a tensão de operação (vai até o limite especificado para o relé operar);
2. A tensão aumenta até à tensão nominal;
3. A tensão diminui até o relé deixar o estado de operado: aqui é medida a tensão de retenção;

4. A tensão continua a diminuir até atingir o valor zero: aqui é medida a tensão de *release* (até o valor especificado para desoperar).

Para uma boa resolução dos resultados, a dimensão de cada degrau da rampa da tensão deve ser de apenas 1-2% da tensão nominal, e este degrau deve ter o tempo suficiente para ir medindo os contactos.

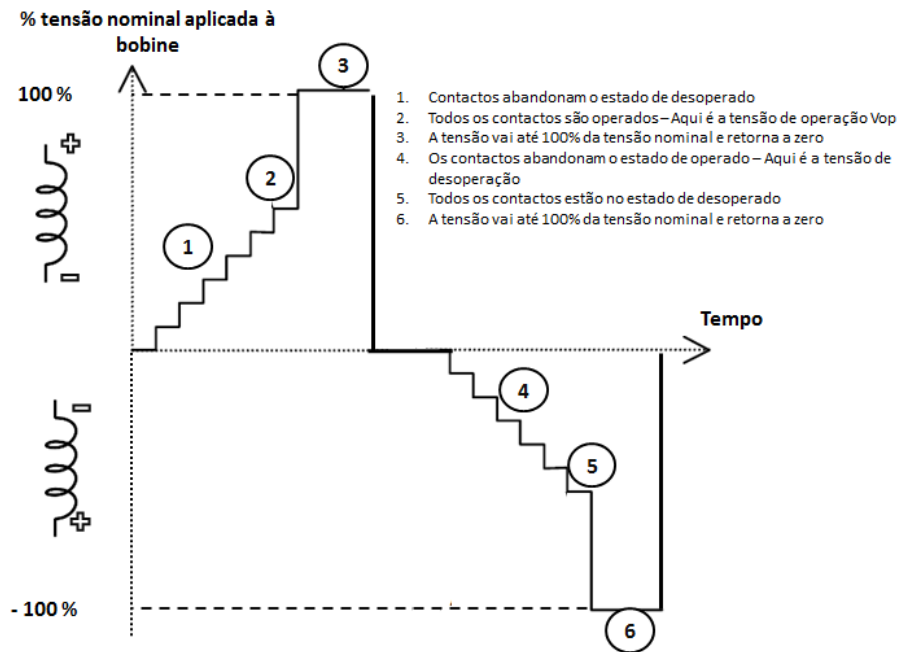


Figura 97: Diagrama da tensão de medição da operação do relé biestável

A medição feita aos relés biestáveis é semelhante à dos monoestáveis, como se pode ver na Figura 97 comparada com a Figura 96.

O teste para a determinação da operação e da desoperação é mostrado no diagrama da Figura 97. É importante destacar que este teste é realizado para um relé biestável de duas bobines. Para um relé como apenas uma bobine a função é a mesma, mas a polaridade do *reset* é invertida em relação ao *set*.

O método deste teste é o seguinte:

1. Confirmar se o relé está desoperado ou não, e aplicar a tensão nominal da bobine (na direcção do *reset*) de forma a atingir este estado;

2. Aumentar a tensão na bobine (na direcção do *set*) do valor zero até o relé operar: aqui é medida a tensão de operação;
3. Aumentar até ao valor nominal da tensão e regressar a zero;
4. Aumentar a tensão na bobine (direcção do *reset*) de zero até o relé desoperar;
5. Aplicar a tensão nominal à bobine de *reset* e regressar a zero.

No caso dos relés monoestáveis a função de rampa em *steps* pode ser também usada em biestáveis.

3.7. TESTES DE VIDA ELÉTRICA

Os testes de vida eléctrica são realizados para saber a fiabilidade do relé na aplicação onde vai ser usado, e também saber os limites da capacidade do relé.

O material dos contactos é escolhido tendo em vista determinada carga na aplicação e os testes de vida eléctrica determinam qual o ciclo de vida do relé para estes valores de carga.

Para realizar o teste, o sistema utilizado liga vários relés a um *driver* de comutação. São definidas as condições em função da aplicação na qual o relé será inserido, para que nos testes este seja submetido às mesmas condições. Pretende-se com os testes monitorizar o estado dos contactos, verificar se abrem e fecham de forma correta e no tempo certo, e ler a resistência de contactos. Estes equipamentos podem correr o teste durante semanas, já que alguns relés conseguem fazer mais de 10 milhões de ciclos de comutação. É usual testarem-se vários relés em paralelo, para que haja uma pequena amostra da população de relés e assim ser possível fazer uma análise de fiabilidade e demonstrar a sua segurança. São realizados sempre para os piores cenários em que o relé pode estar.

Existem três formas muito usadas num teste de vida eléctrica, são elas:

- “*Relay exercising*”
 - O relé é ativado à velocidade máxima de comutação especificada e os contactos terão de comutar uma carga. A medição é feita em intervalos entre 10-100% do ciclo final, onde são verificados os seus parâmetros eléctricos.
- “*Comparator*”
 - O relé é ativado à velocidade especificada e tem de comutar a carga especificada. A tensão da carga nos contactos é monitorizada (se tem ou não

tem), sabendo desta forma a posição dos contactos, se estão abertos ou fechados.

- “Measurement”
 - O relé é ativado à velocidade máxima que o sistema permite e os contactos têm de comutar a carga especificada.

Para testar os relés de sinal, na TE Évora usam-se os sistemas de vida elétrica da britânica ART, em concreto o sistema RT96.

Na Figura 98 está ilustrado um exemplo de um resultado de um teste feito com sistema RT96, onde está a resistência de contactos e a tabela de dados do resultado.

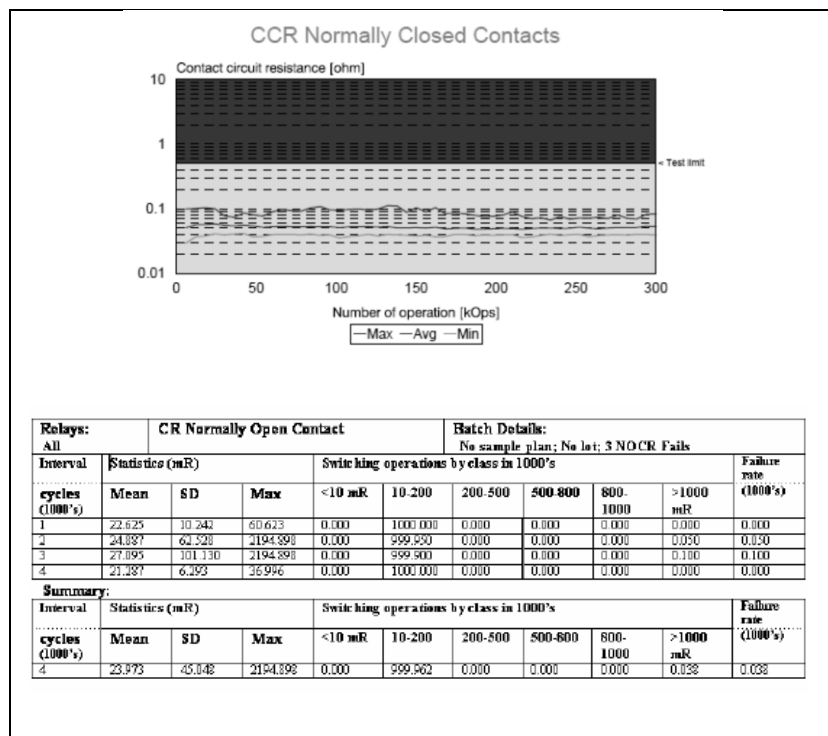


Figura 98: Gráfico da resistência de contactos e a tabela de dados, resultado do teste feito no RT96 [19]

Na Tabela 17, estão descritos os passos do funcionamento do sistema para cada tipo de teste de vida elétrica que podem ser realizados.

Tabela 18: Funcionamento do sistema de vida eléctrica

Abrir carga e com monitorização	Fechar carga e com monitorização
Fecha contactos Liga circuito de carga Desliga circuito de carga Liga circuito de medição Desliga circuito de medição Liga circuito de carga Abre contactos Desliga circuito de carga Liga circuito de medição Desliga circuito de medição Liga circuito de carga Fecha contactos Volta ao início	Abre os contactos Liga circuito de carga Fecha contactos Desliga circuito de carga Liga circuito de medição Desliga circuito de medição Abre contactos Liga circuito de medição Desliga circuito de medição Liga circuito de carga Fecha contactos Volta ao início
Sem carga e com monitorização 1	Sem carga e com monitorização 2
Fecha contactos Liga circuito de medição Desliga circuito de medição Abre contactos Liga circuito de medição Desliga circuito de medição Fecha contactos Volta ao início	Liga circuito de medição Fecha contactos Abre contactos Fecha contactos Volta ao início
Sem carga e sem monitorização	
Fecha contactos Abre contactos Fecha contactos Volta ao início	

Na Figura 99 está esquematizado o circuito de teste que é usado no sistema RT96.

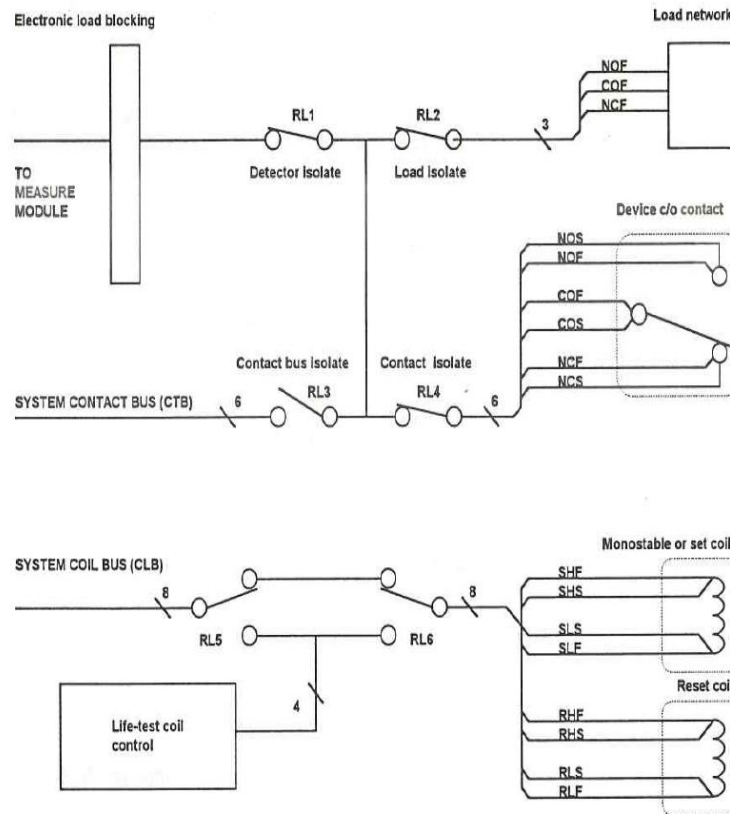


Figura 99: Circuito de teste do RT96 [17]

O sistema para ativar /desactivar a bobine dos relés de teste, ativa/desativa o relé RL6 do sistema de comando. Para medir os contactos ativa os relés RL1 e RL4 e desativa o relé RL2 que ativa o circuito de carga.

Para ligar a carga aos contactos dos relés de teste, desliga RL1 e o RL4 e liga o RL2.

3.7.1. TESTES ALTA TENSÃO

O relé tem como principal função isolar o circuito de carga do circuito de controlo (*Input* do *Output*). Para testar esta capacidade usam-se testes de alta tensão. O termo tensão de isolamento é também referida como *dielectric breakdown voltage* (DWV) e *breakdown voltage*. A resistência de isolamento e a corrente de fuga são recíprocas uma da outra.

Os testes de alta tensão para os relés eletromecânicos incluem os seguintes parâmetros:

- Dielétrico:
 - Tensão de isolamento entre a bobine e os contactos;
 - Tensão de isolamento entre bobines;
 - Tensão de isolamento entre contactos abertos.
- Resistência de isolamento:
 - Resistência de isolamento entre a bobine e os contactos;
 - Resistência de isolamento entre bobines;
 - Resistência de isolamento entre contactos abertos.

Na TE Évora todos os testes em alta tensão, tensão do dielétrico e resistência de isolamentos, são feitos em aparelhos da britânica ART, em concreto o RT901B visível na Figura 100.



Figura 100: Refex901B [17]

O modo mais fácil de melhorar o desempenho do dielétrico, consiste em aumentar as lacunas, isto é, incluir materiais isolantes ou aumentar a capacidade de resistência dielétrica do dielétrico gasoso. Infelizmente, um aumento das distâncias não é possível devido à miniaturização dos relés. A introdução de materiais sólidos entre os contactos abertos também não resolve o problema porque os contactos precisam de abrir e fechar.

A força do dielétrico nos relés está dependente de três fatores:

- A distância entre as partes condutoras;
- A pressão do gás no interior do relé;
- O tipo de gás usado.

Preencher os relés com gases eletronegativos aumenta significativamente a performance do dielétrico, como se pode observar na Figura 101, onde com o aumento da concentração de gases eletronegativos a tensão do dielétrico vai aumentado. Os relés são produzidos tendo em conta a hermeticidade, de forma a manter estes gases no seu interior.

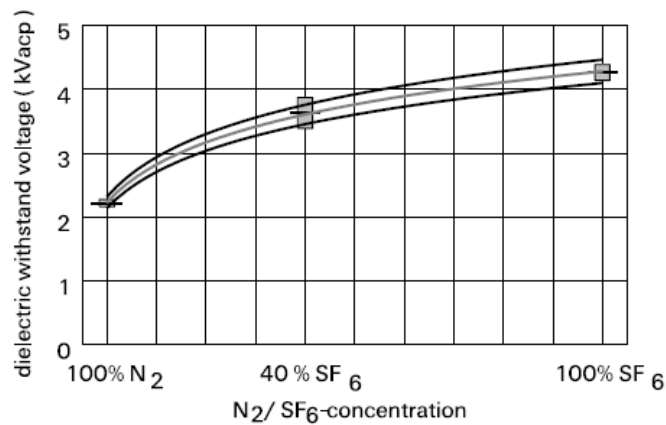


Figura 101 – Dependência da força do dielétrico entre a bobine e o sistema de contactos numa concentração de SF₆. [8]

Na Figura 102 está um exemplo de um teste do dielétrico realizado a um relé IM preenchido com dois tipos de gás diferente. Pode-se concluir que o dielétrico apresenta valores superiores para o gás SF₆.

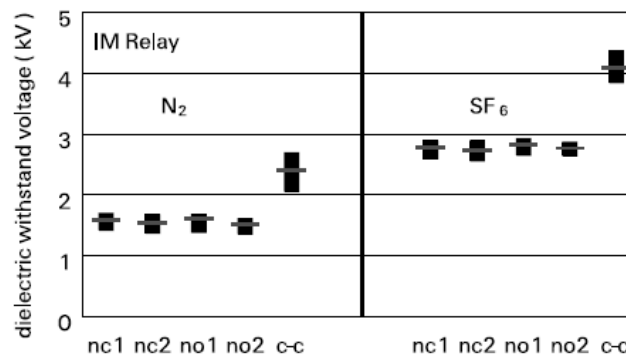


Figura 102: Comparação entre IM com N₂ e SF₆.no teste do dielétrico [8]

3.8. MEDIÇÃO EM ALTA TENSÃO

Tipicamente os dispositivos de alta tensão usam a medição a dois pontos. Estes dispositivos têm por vezes uma caixa em fibra de vidro para proteger o utilizador. São feitas de materiais não condutores e têm as distâncias mínimas de forma a evitar correntes de fuga e que haja falhas no teste. Um exemplo desses aparelhos está presente na

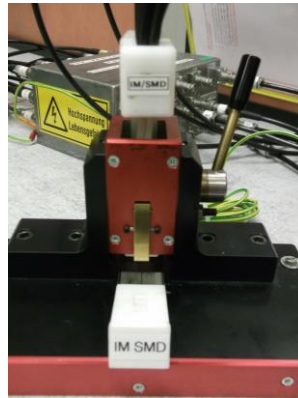


Figura 103:Dispositivo para medir relés em alta tensão

3.8.1. DIELÉTRICO (*BREAKDOWN/DWV*)

O presente teste permite medir ou confirmar a capacidade que um relé tem para suportar determinadas tensões entre as suas peças fundamentais. Este é um teste que tem vários nomes, *dielectric withstand voltade (DWV) test*, ou “*hipotest*”, e tem um princípio simples de funcionamento. A fonte de alta tensão é aplicada durante um determinado tempo a um pino especificado e monitoriza a corrente no outro pino especificado. Por exemplo aplica a tensão (alta) do gerador (*source*) no pino do contacto fechado e coloca o detetor no pino do contacto aberto. Qualquer passagem de corrente através do caminho testado significa falha do relé (distâncias fundamentais). O esquemático deste teste está ilustrado na Figura 104 e na Figura 105 está ilustrada uma imagem do equipamento que permite a realização destes testes.

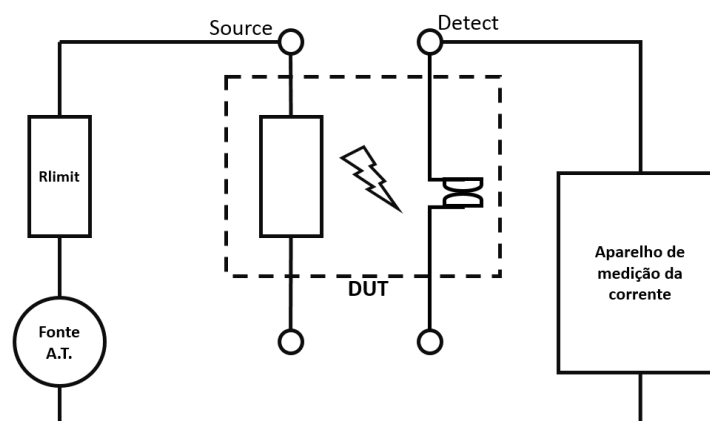


Figura 104: Teste da tensão do dielétrico, bobine do relé ao contacto

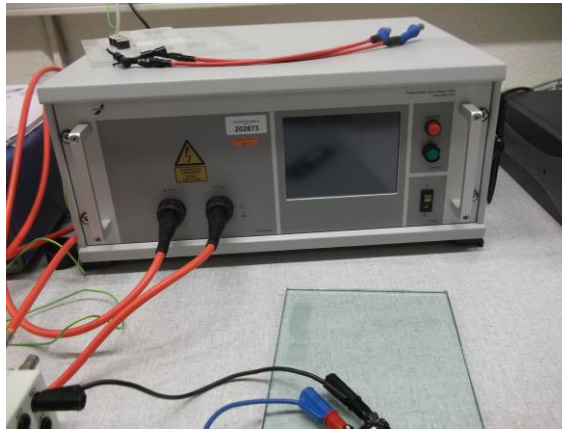


Figura 105: Aparelho de medição em alta tensão (*Hipot tester*)

A fonte de alta tensão é ligada à bobine do relé e o detector de corrente é ligado a um pino do relé. Qualquer passagem de corrente entre o isolamento bobine-contacto é guardada e indica falha no aparelho. Todos os caminhos passíveis de haver rutura do dielétrico são testados, entre bobine-contactos, entre contactos abertos e entre sistemas de contactos. Na Figura 106 está uma imagem onde podem ser visualizadas as linhas de teste do aparelho de medição do dielétrico.



Figura 106: Linhas de teste do aparelho de medição do dielétrico ao IMB, ART901B

Os relés têm como principais parâmetros de tensão de *breakdown* entre bobine e contactos e entre contactos abertos. Tipicamente a bobine-contactos tem um valor superior ao outro, o que reflete a capacidade do relé isolar a carga do comando.

A medição demora um tempo significativo, cerca de 60 segundos por cada ponto a testar. Na produção reduz-se este tempo e aumenta-se um pouco a tensão de teste para compensar.

Na tabela da Figura 107 estão os valores mínimos do dielétrico para um relé IM.

Insulation Data	standard	C	D,P, I
	standard, sensitive, ultra high sensitive version	high dielectric version	high current, high contact stability version
Initial dielectric strength			
between open contacts	1000V _{rms}	1500V _{rms}	750V _{rms}
between contact and coil	1800V _{rms}	1800V _{rms}	1500V _{rms}
between adjacent contacts	1000V _{rms}	1800V _{rms}	750V _{rms}

Figura 107 – Valores mínimos do dielétrico para o relé IM [19]

Na Figura 107 e Tabela 19 está a descrição dos pontos de aplicação do gerador de alta tensão.

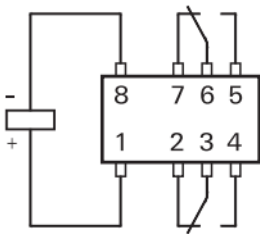
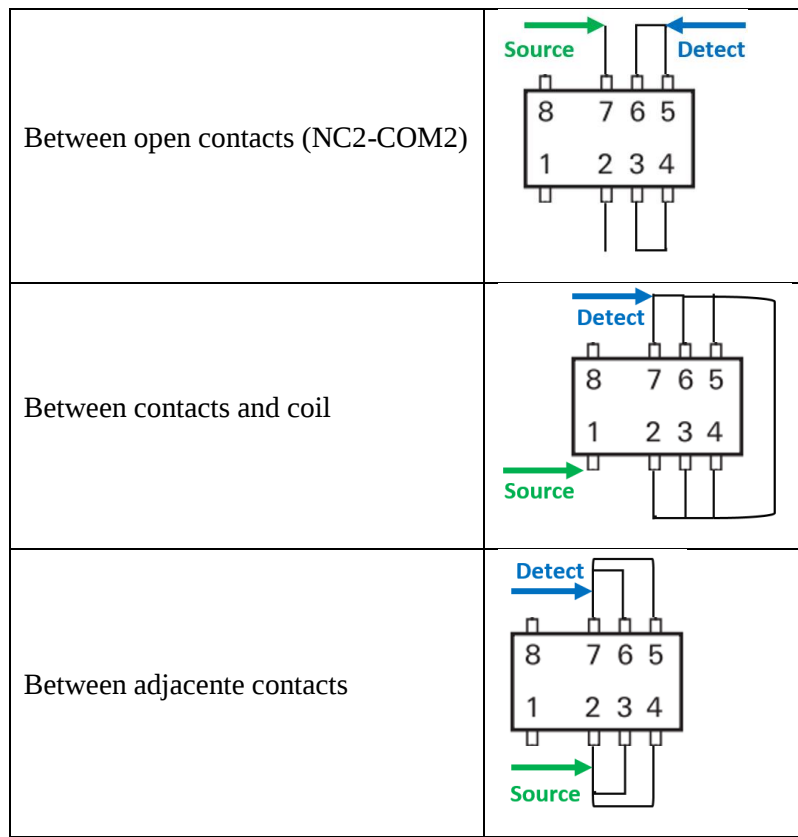


Figura 108: Pin out do relé IM monoestável [19]

Tabela 19: Pontos de colocação das pinças de medição para o teste da tensão do dielétrico e da resistência de isolamento

Between open contacts (NO1-COM1)	
Between open contacts (NO2-COM2)	
Between open contacts (NC1-COM1)	



3.8.2. TESTE DE RESISTÊNCIA DE ISOLAMENTO (*INSULATION RESISTANCE*)

Este teste mede pequenas correntes que podem fluir através de caminhos abertos, como por exemplo entre contactos abertos. É um dos parâmetros de aferição da eficiência do relé como interruptor aberto. A resistência de isolamento (*Insulation resistance*) é recíproca da corrente de fuga e ambas podem ser especificadas. Um relé idealmente não tem fugas, teoricamente tem resistência de isolamento infinito para contactos abertos.

Este teste é semelhante ao usado para o dielétrico mas aplicando uma tensão de 500V em todos os parâmetros. A corrente medida é a corrente de fuga e a resistência de isolamento é calculada.

Na Figura 109 está um exemplo do ambiente gráfico da medição da tensão do dielétrico.

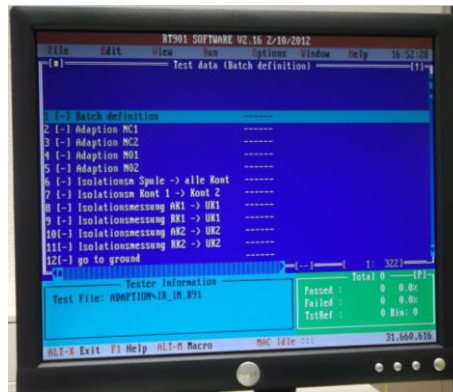


Figura 109: Linhas do programa de medição do dielétrico

3.8.3. TESTE DE IMPULSO DE TENSÃO (*IMPULSE VOLTAGE TEST*)

Este é um teste que tem como objetivo testar o limite que o relé suporta em termos de impulso de tensão elevada (que pode surgir devido a raios elétricos, cargas indutivas, etc.). A forma da onda está especificada nos *standards* e este teste encontra-se descrito de forma mais detalhada no Anexo I.

3.9. TESTES AMBIENTAIS

Estes testes são realizados de forma a simular a exposição e stress que o relé sofre no transporte, montagem e uso. Os parâmetros dos testes ambientais incluem os seguintes parâmetros:

- Resistência aos choques;
- Resistência à vibração;
- Várias gamas de temperatura;
- Exposição a sal e gases corrosivos;
- *Stress* térmico;
- Resistência ao fogo;
- Capacidade de suportar pressões mecânicas a elevadas temperaturas sem deformação excessiva;
- Efeito de campos magnéticos exteriores de relés adjacentes ou outros componentes (dentro de um campo magnético de uma bobine);

3.9.1. CHOQUE E VIBRAÇÃO

A resistência ao choque do relé é dividida em duas categorias: destruição e mau funcionamento. A destruição quantifica a mudança de alterações causadas no/pelo relé devido a choques consideráveis que podem acontecer durante o transporte, montagem ou manuseamento. O mau funcionamento é quantificado pela sua durabilidade, devido a vibrações enquanto está em funcionamento.

Na Figura 110 está visível como é feito o teste de vibração ao relé. Onde tem de vibrar na horizontal e vertical e a velocidade de vibração. Durante o teste é medida a bobine e os contactos.

$$\alpha = 0.002f^2A \times 9.8$$

α : Acceleration of vibration (m/s^2)
 f : Frequency (Hz)
 A : Double amplitude (mm)

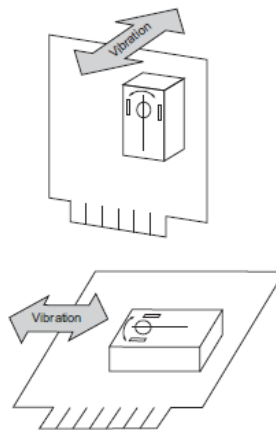


Figura 110: Esquema do *vibration test* [17]

3.9.2. TESTES EM TEMPERATURA

Os relés são usados numa vasta gama de aplicações, fora de ambientes controlados são muitas vezes sujeitos a vários tipos de condições climáticas. Os relés para a indústria automóvel são sujeitos a gamas de temperatura que podem ir de -55°C a 105°C (125°C se usados junto ao motor).

Os relés de sinal são testados entre -55°C e 85°C para uso em aplicações no exterior, e 25°C a 85°C para aplicações para uso em interiores. Estas condições são impostas pelo cliente, uma vez que é este que define onde vai ser usado o relé. Os relés do sector automóvel têm ainda de ser sujeitos a

ambientes salinos com gases corrosivos, e a testes que combinam temperatura com choques mecânicos e de vibração. Um exemplo dos testes realizados com estes ciclos de temperatura está presente na

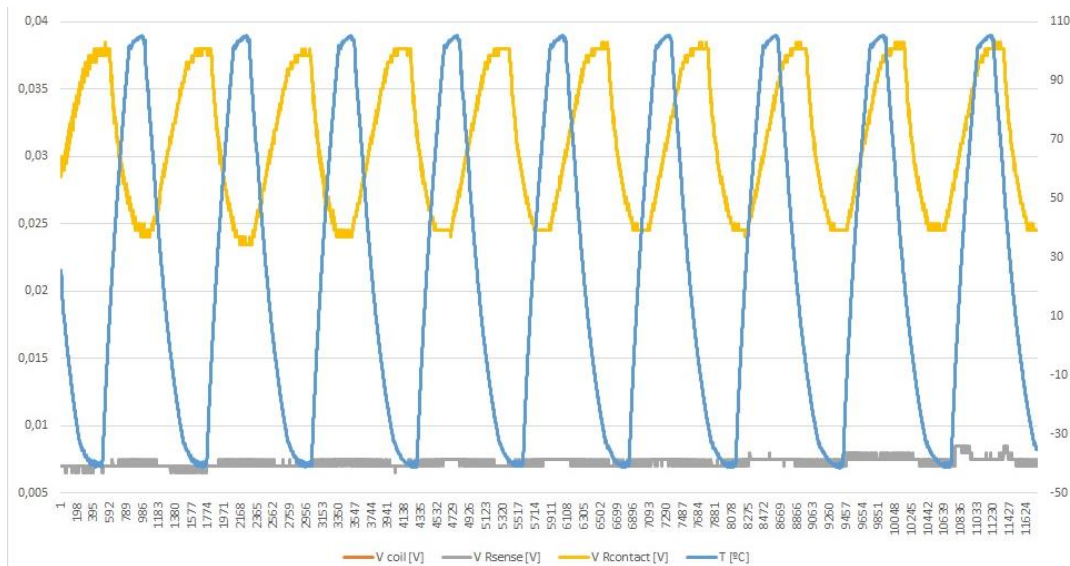


Figura 111: Ciclo de temperatura de -40°C a +105°C e medição de resistência de contactos e tensão da bobine

Os testes realizados para testar os relés em temperatura são:

- Thermal endurance 85 °C / 28 dias;
- Thermal endurance 110 °C / 56 dias;
- Temperature pressure storage (100 °C / 10 000 h);
- Damp heat 40 °C / 95 % humidade relativa / 56 dias;
- Rapid change of temperature - 55 °C / + 85 °C;
- Climatic sequence - 55 °C / + 85 °C;
- Thermal cycling (IEC 60950 - 2.9.6) 100 °C / 0 °C;
- Pressure storage (100 mbar / 8 bar);
- Pressure cycling (100 mbar / 8 bar).

3.10. TESTES DE RÁDIO FREQUÊNCIA (RF)

Sendo relés de sinal têm obviamente de ser avaliados os seus parâmetros e performances em rádio frequência ou RF. O aparelho que é usado para análise RF está na Figura 112

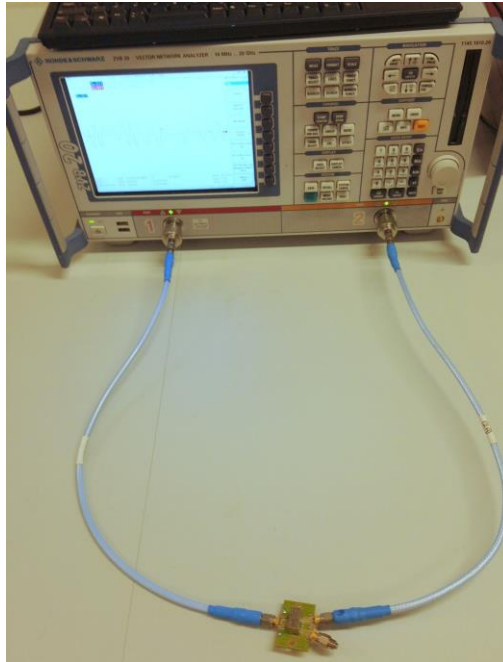


Figura 112: Aparelho de medição para análise em rádio frequência

A transmissão de dados/sinal característica é definida por três parâmetros, *Isolation* ou Isolamento, *Insertion Lost* ou perda de penetração do sinal e *Return lost* ou perda de sinal de retorno. Estes parâmetros medem quanta energia do sinal RF passa através do relé quando os contactos estão fechados e quanta dessa energia é refletida de volta à origem. Existem seis parâmetros ao todo de avaliação de um relé de sinal: transferência de energia, integridade de sinal, reflexão, impedância, perdas de transmissão e isolamento.

Nas linhas de transmissão, em relés, em amplificadores, em filtros e em outros componentes RF são basicamente descritos através da sua matriz de parâmetros-S, demonstrado na Figura 113

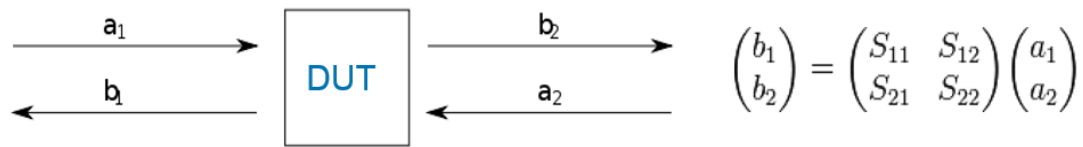


Figura 113: S-parameters

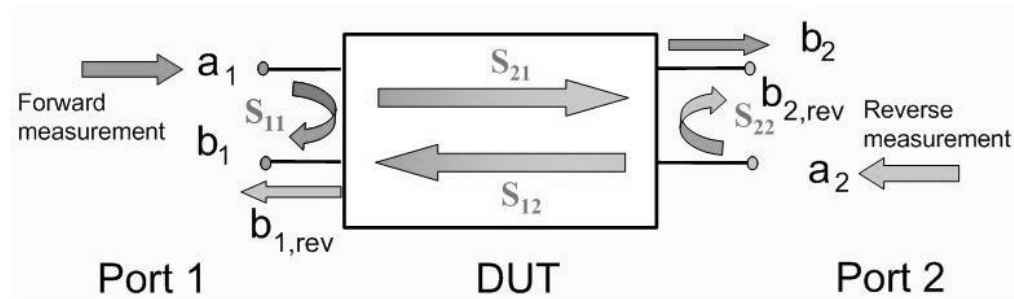


Figura 114: Esquema de um dispositivo de dois portos e respetivos parâmetros S

Os parâmetros-S são números complexos que têm magnitude e fase. A magnitude indica a fração de energia enquanto a fase indica o atraso.

3.10.1. ISOLATION

É uma medida que define a magnitude do sinal que consegue passar por um circuito aberto, neste caso contactos abertos. O isolamento deverá ser o mais alto possível. Na realidade o isolamento do relé não é totalmente isolante, alguma energia irá sempre conseguir passar.

A Figura 119 tem a explicação deste teste, onde é inserido um sinal num contacto e no outro está-se a receber o sinal.

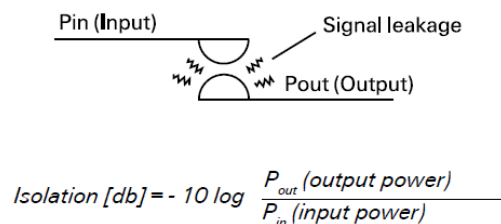


Figura 115: Descrição do Isolation

Retirando assim da Figura 113 a fórmula do Isolation:

$$I = -20 \cdot \log_{10}(|S_{12}|) \text{ dB} \quad (22)$$

3.10.2. INSERTION LOSS

Esta é a medida da quantidade de energia perdida durante a transmissão do sinal através de um caminho RF. Esta energia é parcialmente convertida em calor, causado pelo *skin effect* (perdas do cobre) e perdas pelo dielétrico. É um parâmetro medido em dB, o seu valor deverá ser o mais pequeno possível de forma a transmitir o máximo de energia fornecida. O esquema de medição é demonstrada na Figura 116:

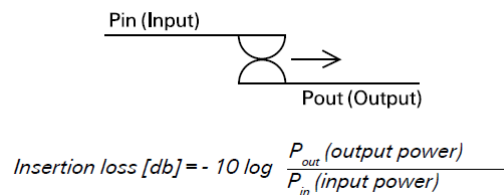


Figura 116: Descrição do *Insertion Loss*

Retirando assim da Figura 113 a fórmula do *Insertion Loss*:

$$IL = -20 \cdot \log_{10}(|S_{21}|) \text{ dB} \quad (23)$$

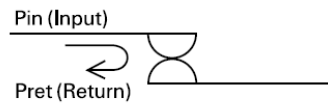
Onde S_{21} é o coeficiente de transmissão do sinal, medido do port2 para o port1 com cada porto terminado por uma terminação puramente resistiva de 50 ou 75 Ohm, de acordo com a Figura 112.

3.10.3. RETURN LOSS

Return Loss é a quantidade de energia reflectida de volta à origem.

A perda de retorno pode ser especificada pela Voltage Standing Wave Ratio (VSWR). O VSWR é a medição da porção do sinal de entrada que é reflectida de volta para a fonte.

A Figura 121 mostra como é feito o teste. É enviado um sinal num contacto fechado e é recebido devido a uma conexão no outro contacto que envia de volta o sinal.



$$Return\ loss\ [db] = -10 \log \frac{P_{out} (return\ power)}{P_{in} (input\ power)}$$

Figura 117: Descrição do *Return Loss*

Retirando assim da Figura 113 a fórmula do *Return Loss*:

$$RL_{in} = -20 \log_{10}(|S_{11}|) \text{ dB} \quad (24)$$

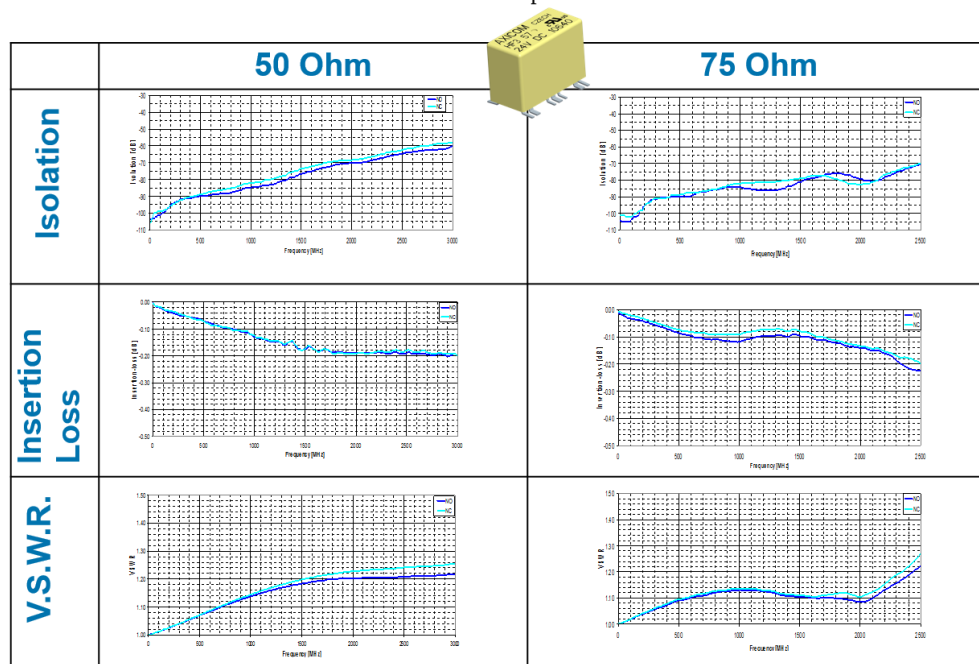
$$RL_{out} = -20 \cdot \log_{10}(|S_{22}|) \text{ dB} \quad (25)$$

Ou calculando de outra forma o *Return Loss* pelo *VSWR*:

$$VSWR = \frac{10^{RL/20} + 1}{10^{RL/20} - 1} \quad (26)$$

Reflexão característica é definida pela *return loss* e *VSWR*.

Tabela 20: Performance típica dos HF3 da TE.



3.11. TESTES COM INTERFERÊNCIA MAGNÉTICA

As tensões de operação e desoperação de um relé podem ser afetadas por campos magnéticos de relés adjacentes ou por outros componentes magnéticos. Para o relé, esta influência depende da distância dos relés adjacentes, do número de relés adjacentes e da força do campo magnético exterior. Está especificado que distâncias entre relés de 2,54mm são suficientes para o relé funcione dentro das especificações. Quanto à força do campo magnético, o relé é exposto a um campo magnético linear no interior de uma bobine. Para que o teste seja aprovado, a tensão de operação não deverá variar mais do que 20% e a variação da tensão de desoperação menos do que 40%.

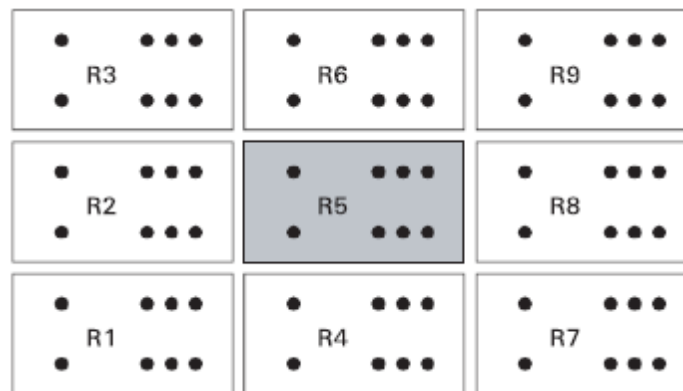


Figura 118: Relé de teste no centro e no redor os relés adjacentes. [8]

3.12. DISPOSITIVOS DE TESTE

Um dispositivo de teste permite medir vários relés de uma forma eficaz. Idealmente um dispositivo de teste, ou *fixture*, permite testar vários tipos de relés. Quando medem alta tensão ou baixa tensão, os dispositivos necessitam de ser diferentes uma vez que as especificações requerem desenhos diferentes.

Para todos os relés eletromecânicos, a resistência de contactos é baixa (pode ir de 1 a 100mΩ) o que requer uma medição a quatro pontos. Todas as *fixtures* (também chamadas de bolachas) têm duas ligações elétricas para cada pino do relé, na Figura 119 está uma imagem de um exemplo desta medição.

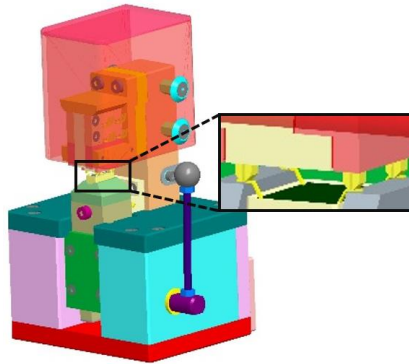


Figura 119: *Fixture* do IM onde é visíveis duas ligações a cada pino para a medição Kelvin [8]

Como já foi anteriormente referido, para vários tipos de especificações tem-se dispositivos diferentes, na Figura 120 e na Figura 121 estão dois exemplos.

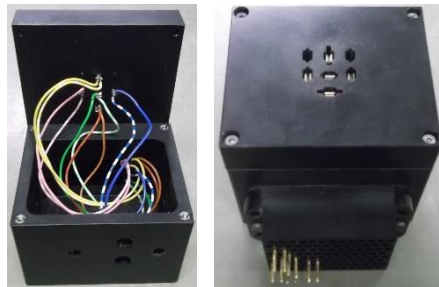


Figura 120: *Fixture* de um relé automóvel

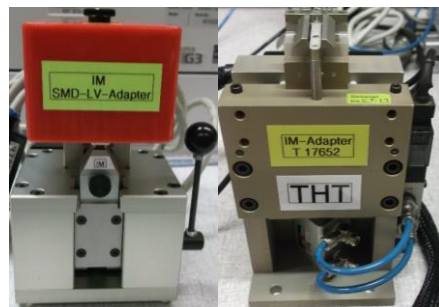


Figura 121: Duas *fixtures* para o IM para os diferentes pinos

As *fixtures* têm um princípio manual, nas linhas de produção existem *fixtures* automáticas que fazem triagem dos relés.

3.13. TESTES DE VALIDAÇÃO

Para se aprovar um relé é necessário que os seus parâmetros passem. Na Tabela 21 estão todos os testes que um relé terá de passar para que seja aprovada a sua validação ou utilização. Por vezes o cliente especifica os seus próprios testes e parâmetros, aí o relé terá de passar todos esses testes para que seja aprovada a sua utilização na aplicação do cliente.

Tabela 21: Testes de Validação

Subgroup	Test number.		Test conditions according to IEC 61810 - 7	Number of samples
A4	1		Visual insp. - relay mark.	175
	2		Coil resistance	175
	3		Contact-circuit resistance	175
	4		Functional tests	175
	5		Timing tests	175
	6		Sealing	20
	7	7.1	RF-Isolation (only for HF)	10
		7.2	RF-Insertion-loss (only for HF)	10
B1	8		Check of dimensions	10
C1	11		Solderability	10
	12		El. Endurance, cable load (n/a for HF)	20
	15		Dielectric test	20
	16		Impulse voltage test	5
C2	17		Insulation resistance	20
C4	19	19.1	RF load test (only for HF)	10
		19.2		10
	19		El. Endurance, cable load, extended assessment (n/a for HF)	20
	20	20.1	El. endurance, rated contact voltage	5
		20.2		5
		20.3		5
	21	21.1	El. endurance, rated contact current	5

	21.2		5
	22	El. endurance, contact application. 0, ext. assess. (3x life)	20
C5	23	Thermal endurance	20
	24	Climatic sequence	10
	25	Damp heat steady state	10
	26	Robustness of terminals	10
	27	Shock	10
	28	Vibration	10
	29	Mechanical endurance	20
	30	Overload Current (only not for HF)	5
	31	Overload Voltage (only not for HF)	5
	32	Magnetic interference	5
	33	Resistance to cleaning solvents	10
	34	Fire Hazard	10
C6	35	Weighing	10
	36	Thermal resistance	10
	37	Rapid change of temp.	10
	38	Resist. to soldering heat	10

Minimum number of samples required for a validation	[500;600]
---	-----------

3.14. PROCEDIMENTOS

Durante o estágio foi desenvolvido um documento que resume a informação necessária para realização de testes. A *detail spec* de cada relé não especifica a maneira como devem ser realizados os testes, tem apenas associadas as várias normas IEC. A realização deste documento teve como objetivo facilitar a tarefa de quem vai testar relés de sinal. No Anexo I apresenta-se uma versão reduzida do documento onde estão explicados os procedimentos de uma forma mais detalhada.