

CAPÍTULO 5

INSTRUMENTOS DIVERSOS

VOLTAMPERÍMETRO

Os voltamperímetros usados em aeronaves servem para indicar a tensão da bateria e dos geradores e também a corrente solicitada de cada gerador.

Mecanismo de D'Arsonval

A corrente, ao circular por um condutor, produz dois efeitos principais: calor e magnetismo. A intensidade desses efeitos depende do valor da corrente. Pode-se usar um destes efeitos em instrumentos de medição.

Os instrumentos que se baseiam no magnetismo são os mais usados por apresentarem maior precisão.

Em 1881, D'Arsonval patenteou um mecanismo que utiliza o efeito eletromagnético da corrente, hoje amplamente usado na maioria dos medidores.

Por essa razão, a maioria dos mecanismos compostos por bobina móvel e ímã permanente recebe o nome de instrumento de D'Arsonval.

O ímã permanente, que tem a forma de ferradura, é feito de uma liga de alnico. Ele é terminado pelas peças polares.

Estas peças polares são construídas de ferro para intensificar o campo magnético permanente nas extremidades do ímã e para concentrar o fluxo na região apropriada.

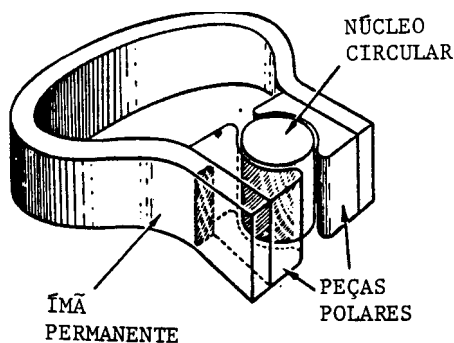


Figura 5-1 Mecanismo de D'Arsonval

A bobina móvel é composta por várias espiras de fio de cobre, envolvendo uma base de alumínio. A base de alumínio amortece as

oscilações que fariam com que o ponteiro do medidor ficasse vibrando. Por causa do seu próprio movimento, o ponteiro, fica vibrando, antes de parar seu movimento na posição correta.

O núcleo de alumínio conterá correntes, produzidas pela presença do campo magnético, as quais produzirão um torque na bobina que amortecerá as vibrações.

Ela é colocada no campo magnético entre as peças polares. A corrente ou porção pré-determinada dela, a ser medida, passa pelas espiras do fio.

No centro da armadura de alumínio, há um núcleo de ferro-doce (material muito permeável) em forma cilíndrica, que tem a finalidade de dar maior concentração às linhas de força no espaço entre os pólos do ímã permanente.

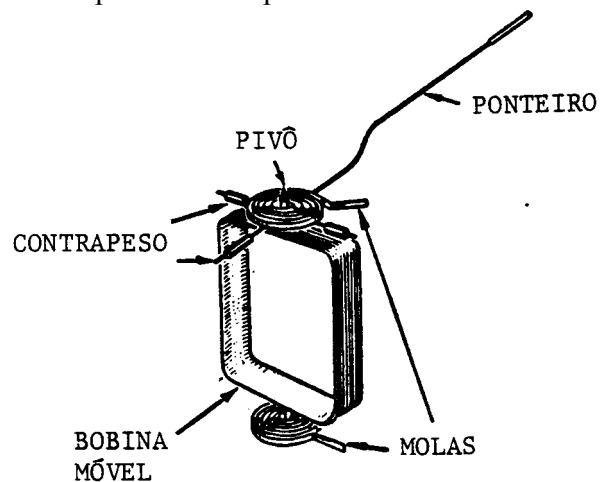


Figura 5-2 Mecanismo de indicador do tipo D'Arsonval

A bobina é provida de pivôs de aço endurecido, os quais se alojam em mancais de jóias altamente polidas, de modo que a armadura possa girar com a menor fricção possível.

Esses mancais, que operam sem lubrificação têm provavelmente o mais baixo valor de constante de fricção. Duas molas-cabelo enroladas em sentidos opostos se opõem ao movimento da armadura (contratorque); são amagnéticas e feitas de bronze fosforoso. A tensão destas molas é um fator importante no mecanismo, pois sua constância de performance é

essencial para a exatidão a ser mantida pelo instrumento.

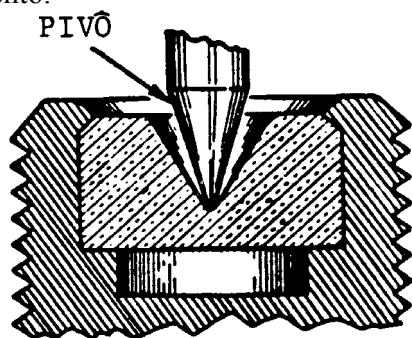


Figura 5-3 Mancal em pivô

Além de dar o contratorque para o mecanismo elas têm outra função importante que é levar a corrente até a bobina móvel.

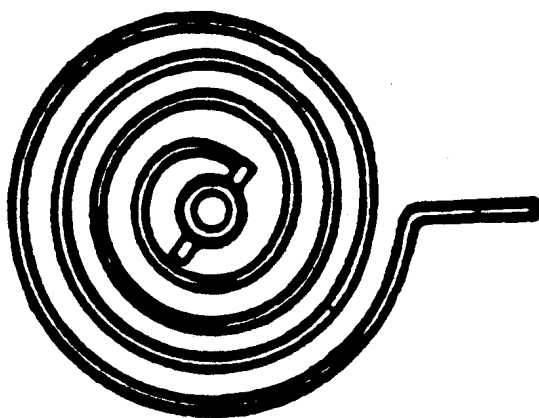


Figura 5-4 Mola-cabelo

As molas espirais farão com que o ponteiro do medidor retorne a zero, quando não houver fluxo de corrente pela bobina móvel.

A parte externa das molas é soldada a uma haste comandada pelo corretor de zero.

Desta maneira, ao girar-se o parafuso encontrado na parte frontal do instrumento, para o ajuste de zero, estar-se-á fazendo girar o corretor e assim comandando a bobina móvel e o ponteiro através das molas-cabelo.

Os fios da bobina, são ligados através das molas-cabelo e dois terminais que ficam na parte traseira da caixa do instrumento e marcados com os sinais + e - . Estes sinais indicam que o terminal + deve ser ligado ao positivo do circuito e o terminal - ao lado negativo do mesmo, para

que a deflexão da bobina seja no sentido correto (esquerda para a direita).

A rotação máxima da bobina é da ordem de 90° na direção do movimento dos ponteiros de um relógio.

Como a bobina móvel é enrolada com fio muito fino e é muito sensível, deve-se ter o cuidado de não exceder à corrente que ela pode suportar ou poder-se-á danificá-la. Esta quantidade de corrente máxima que a bobina de um galvanômetro pode suportar é em torno de micro ou miliampéres e varia de acordo com a sensibilidade do mecanismo. Pode-se definir sensibilidade de um medidor elétrico como sendo a quantidade de corrente necessária para a deflexão máxima da bobina móvel.

Quanto menor for a corrente necessária, maior será a sensibilidade do mecanismo.

Tem-se, então, aqui, um mecanismo que serve para medir o fluxo de corrente, bastando para isso ligar-se um ponteiro à bobina do eletroímã de modo a girar com ela e por meio de uma escala determinar-se o grau de rotação da mesma e, assim, a grandeza da corrente.

Assim, se em vez de um eletroímã têm-se uma bobina móvel leve e sensível, um ímã permanente adequado e outros componentes descritos anteriormente ter-se-á o Galvanômetro D'Arsonval o qual funcionará, indicando na escala do mostrador em função da variação de corrente na bobina móvel.

Portanto, em todos os instrumentos em que seja usado este mecanismo, o funcionamento será idêntico; dependerá sempre da reação entre dois campos magnéticos, dos quais, um é fixo (ímã permanente) e outro variável de acordo com a corrente (bobina móvel).

Convém lembrar que, devido às características de construção e sensibilidade, este dispositivo de medição suporta e mede uma quantidade muito pequena de corrente. Para o perfeito funcionamento, deve-se conectá-lo observando a polaridade e o tipo de corrente, que deve ser sempre de corrente contínua (CC).

Equilíbrio

Um fator importante nos instrumentos é o "equilíbrio mecânico". Definindo-se o termo citado, pode-se dizer que é a condição do sistema móvel com respeito à gravidade.

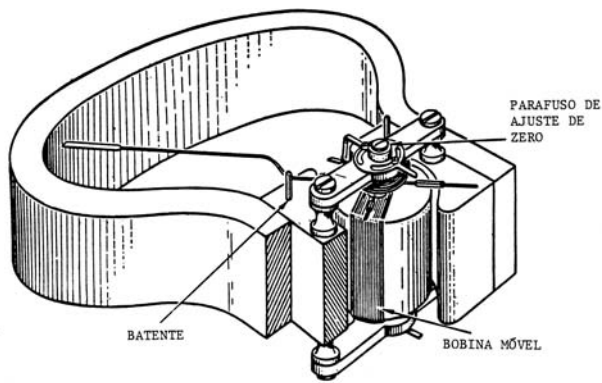


Figura 5-5 Mecanismo de um galvanômetro do tipo D' Arsonval

Num medidor bem equilibrado, o ponteiro permanecerá no mesmo ponto de escala do mostrador independentemente da posição do instrumento quando não houver corrente pela bobina móvel (desligado).

A importância deste equilíbrio é evidente ao se considerar um medidor no avião ou então um aparelho portátil. Não sendo equilibrado, a posição zero do ponteiro na escala não permanecerá a mesma.

Este equilíbrio é feito nos braços ou cruz de equilíbrio do ponteiro. Movendo-se, mediante procedimento especial, os pesos existentes nesta cruz de equilíbrio, pode-se obter o equilíbrio necessário ao sistema.

Estes pesos são em forma de espirais ou porcas.

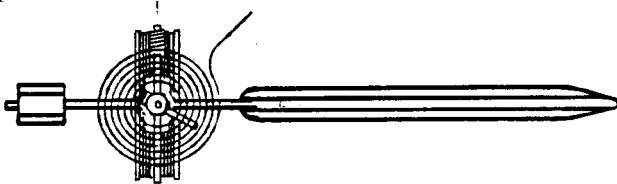


Figura 5-6 Mecanismo de equilíbrio do ponteiro

AMPERÍMETROS

Na prática, faz-se necessário um instrumento que possa medir qualquer quantidade de corrente através de um circuito.

Para fazer-se tal medição, bastaria colocar-se um galvanômetro em série com o circuito. Para tal coisa, entretanto, seria necessário que a

corrente máxima não excedesse o valor para a bobina móvel do instrumento dar sua deflexão (sensibilidade). Entretanto, na maioria dos circuitos que se deseja medir, a quantidade de corrente excede em muito àquela que o mecanismo pode receber com segurança.

Para resolver este problema, foi idealizado um dispositivo baseado na Lei de Ohm, para emprego nos amperímetros, instrumentos destinados a medir e indicar a quantidade de corrente em um determinado circuito.

O amperímetro nada mais é do que um galvanômetro (outro nome do mecanismo de D'Arsonval) com uma resistência de valor baixo em paralelo. Esta resistência recebe o nome particular de resistor "Shunt".

Encontra-se na prática, grande número de amperímetro com escalas múltiplas e diversos "Shunts" selecionáveis por meio de uma chave seletora.

Princípio de Funcionamento

Sabe-se que quando duas resistências são colocadas em paralelo, haverá através de cada ramal um fluxo de corrente proporcional ao valor "R" de cada ramal; se as derivações tiverem resistências iguais, ter-se-ão iguais quantidades de correntes. Se ao contrário, um dos ramos tiver uma resistência maior que a do outro, a maior parte da corrente fluirá pela derivação de menor resistência. Este princípio é aplicado aos galvanômetros para convertê-los em amperímetros.

O mecanismo do galvanômetro está em paralelo com um resistor "Shunt".

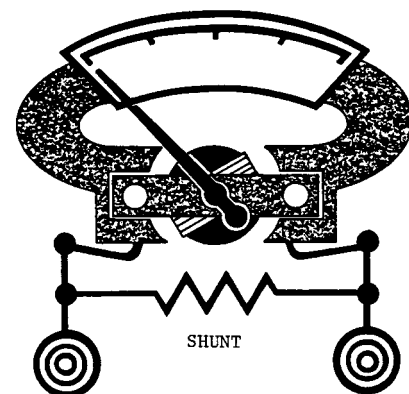


Figura 5-7 Mecanismo de um amperímetro

Quando o amperímetro é conectado em série no circuito para fazer a medição, a corrente total que entra no instrumento dividir-se-á, circulando uma pequena parte pela bobina móvel e a maior parte pela resistência de lastro que é chamada de “Shunt” ou derivação.

Assim, apesar de estar fluindo uma quantidade muito pequena de corrente na bobina, o instrumento estará medindo e indicando a corrente do circuito, porque o restante estará sendo desviado através do “Shunt”.

Para tanto é necessário determinar-se o valor do “Shunt”, que é determinado pelo alcance ou corrente máxima que esta combinação (amperímetro) vai medir.

Suponha-se que determinado amperímetro seja contruído para medir um máximo de 300 A. Suponha-se também que a sensibilidade do mecanismo seja de 0,01A (a bobina deflexionará totalmente com esta corrente).

Se a corrente máxima que irá circular pelo instrumento for de 300A, pode-se afirmar então que 299,99A deverão fluir pelo “Shunt” e 0,01A pela bobina móvel para ter-se a deflexão total do ponteiro na escala. Conforme a corrente diminui, ter-se-á também uma diminuição proporcional no “Shunt” e bobina móvel. Pode-se afirmar então que a quase totalidade da corrente passa pelo “Shunt”, conseqüentemente sua resistência deve ser bem menor do que a bobina móvel.

Pela que já foi visto, a corrente através do “Shunt” é 29.999 vezes maior que a da bobina; logo, se a resistência é inversamente proporcional à corrente, para se determinar o valor do “Shunt”, basta dividir o valor de resistência da bobina móvel pelo valor 29.999.

Se for considerada a “R” da bobina igual a 5 ohms, ter-se-á que o valor do “Shunt”, para um amperímetro cujo mecanismo tem uma sensibilidade de 0,01A e alcance máximo de 300 A, será igual a:

$$R_{\text{Shunt}} = 5/29.999 = 0,000166 \text{ ohms.}$$

Para amperímetro que se destinam a medir valores diferentes, maiores ou menores do que o exemplificado, pode-se usar o mesmo mecanismo, variando-se apenas o valor do “Shunt”, em função do alcance máximo de cada escala.

Se o valor ôhmico da derivação for aumentado, maior quantidade de corrente passará pela bobina móvel e a leitura será maior do que a normal; ao contrário, se for colocado, por exemplo, um “Shunt” de um amperímetro de 300A, a maior corrente passará através do “Shunt”, causando uma leitura que seria 2/3 menor do que a real. Se houver dúvidas, quanto à corrente a ser medida, escolher-se-á sempre a escala de maior valor. Se após a primeira leitura, verificar-se que o valor medido cabe na escala menor, poder-se-á reselectionar para obter-se uma leitura mais precisa.

O amperímetro é por característica e construção um instrumento de baixíssima resistência, portanto, deve ser sempre ligado em série com o circuito que se vai medir. Se for ligado em paralelo, a corrente através dele será demasiada, o que poderá danificá-lo totalmente, Veja a figura 5-8.

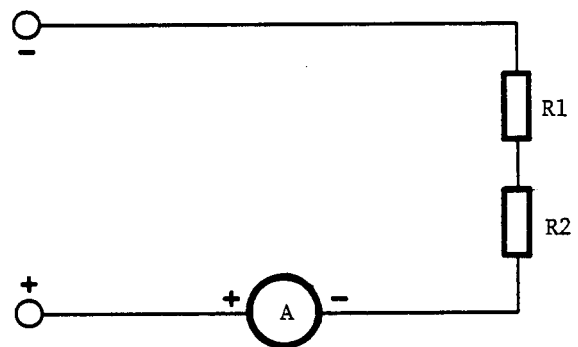


Figura 5-8 Ligação de um amperímetro em um circuito

VOLTÍMETROS

O mecanismo de D’Arsonval poderá ser usado para medir tensões, se a resistência interna do mesmo for reconhecida. Como já se sabe há uma queda de tensão quando uma corrente flui através de uma resistência.

Assim, um voltímetro tem uma importância vital nas pesquisas de circuitos e tem a finalidade de medir e indicar os diversos valores de tensão de uma carga ou circuito.

O voltímetro nada mais é do que um galvanômetro D’Arsonval em série com uma alta resistência.

Esta resistência recebe o nome de resistência multiplicadora. São encontrados

instrumentos com um só alcance ou com vários, usando um mesmo mecanismo.

Estes aparelhos têm em seu interior várias resistências multiplicadoras de acordo com os diferentes alcances, que por sua vez são selecionadas por meio de uma chave seletora incorporada ao instrumento. Veja a figura 5-9.

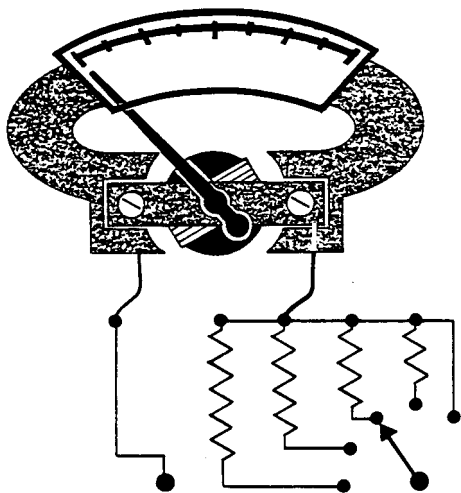


Figura 5-9 Princípio de um multivoltímetro

Princípio de Funcionamento

Veja o circuito da figura 5-10.

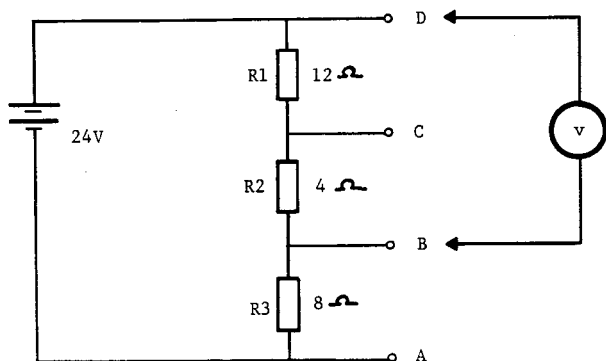


Figura 5-10 Utilização de um voltímetro

Ao ligar-se um galvanômetro entre os pontos B e D da figura 5-10 ele estará medindo corrente, mas pela Lei de Ohm pode-se determinar a tensão.

No circuito, vê-se que há 16 volts de ddp entre os pontos citados e através do mecanismo

foi criado um novo caminho para a corrente, já que está em paralelo com os resistores (R1 e R2).

Se for considerada a bobina móvel, tendo uma resistência de 5 ohms, pode-se determinar o valor da corrente que passa através do instrumento.

Sabe-se pela Lei de Ohm que $I = E/R$, logo:

$$I = 16/5 = 3,2 \text{ ampères.}$$

Esta corrente, entretanto, é muito alta pois sabe-se que a bobina móvel desses mecanismos é muito sensível e não suportaria tal valor. Outro fator a considerar seria que tal corrente afetaria o circuito que está sendo medido.

Para se contornar esta dificuldade foi adotado o sistema de se colocar uma resistência de alto valor em série com a bobina móvel, pois só assim reduziria-se ao mínimo estes inconvenientes.

Pergunta-se, então, qual deve ser o valor da resistência de queda ou multiplicadora?

Esse valor de R vai ser determinado pelo alcance em que o voltímetro vai operar.

Por exemplo, se quiser construir um voltímetro cujo alcance máximo seja de 30 V e um mecanismo de sensibilidade igual a 0,01A, ter-se-á que a resistência interna do instrumento será de:

$$R = E/I \text{ logo: } R = 30/0,01 = 3.000 \text{ ohms}$$

Conhecendo-se este valor que representa a resistência total do voltímetro, e sabendo-se também o valor ôhmico da bobina móvel e como o circuito está em série, bastaria subtrair-se para se encontrar o valor da resistência multiplicadora.

Supondo-se que o valor da bobina seja de 5 ohms, ter-se-á:

$$\text{Resistência multiplicadora} = 3.000 - 5 = 2.995 \text{ ohms}$$

Se uma tensão inferior a 30 volts fosse aplicada ao instrumento que se está descrevendo, a corrente através dele seria diminuída na mesma proporção, fazendo com que o ponteiro indicasse na escala a referida tensão.

Portanto, cada tensão produz uma certa corrente, e cada corrente produz certo movimento no ponteiro correspondente à tensão que a cria. Assim, a escala é graduada em volts apesar da

bobina do galvanômetro estar deflexionando em função da corrente.

Quanto menor for a corrente requerida para a deflexão total de um galvanômetro, maior será sua sensibilidade. A sensibilidade de um voltímetro é dada em ohms por volts.

Assim sendo, quanto maior for o número de ohms por volts, menor será a corrente necessária para a deflexão total e conseqüentemente maior a sensibilidade do medidor.

Um voltímetro deve ter uma resistência muito alta, de maneira que consuma pouca corrente e afete o menos possível o circuito durante as medições. Portanto, a precisão da leitura depende da sensibilidade do medidor.

Se ele tiver uma baixa resistência, terá baixa sensibilidade e, ao ser colocado em um circuito de alta resistência, a leitura indicada poderá ser falsa.

Para esse tipo de circuito requer-se um instrumento de alta resistência, ou seja, de alta sensibilidade. Para se encontrar a resistência de um voltímetro, basta multiplicar a sensibilidade pela tensão. Por exemplo, se estiver usando um voltímetro cuja sensibilidade seja de 1000

ohms/volts na escala de 0-100 V, sua resistência será de: $1000 \times 100 = 100 \text{ kohms}$

A sensibilidade pode ser determinada dividindo-se a resistência total do medidor pela escala total do mesmo.

Um voltímetro de 100 kohms, na escala de 0-500V teria a sensibilidade igual a $100.000/500$, ou seja, 200ohms/volt.

Deve-se ter as seguintes precauções ao se usar um voltímetro.

- conectá-lo no circuito sempre em paralelo com o que se está medindo;
- observar sempre a polaridade, pois é um mecanismo tipo galvanômetro;
- usar a escala apropriada e se a tensão for desconhecida, selecionar para a de maior alcance.

Para exemplificar serão detalhadas as funções do voltamperímetro da aeronave EMB-120 "BRASÍLIA".

Os parâmetros a serem medidos são selecionados por uma chave rotativa localizada entre os dois voltamperímetros

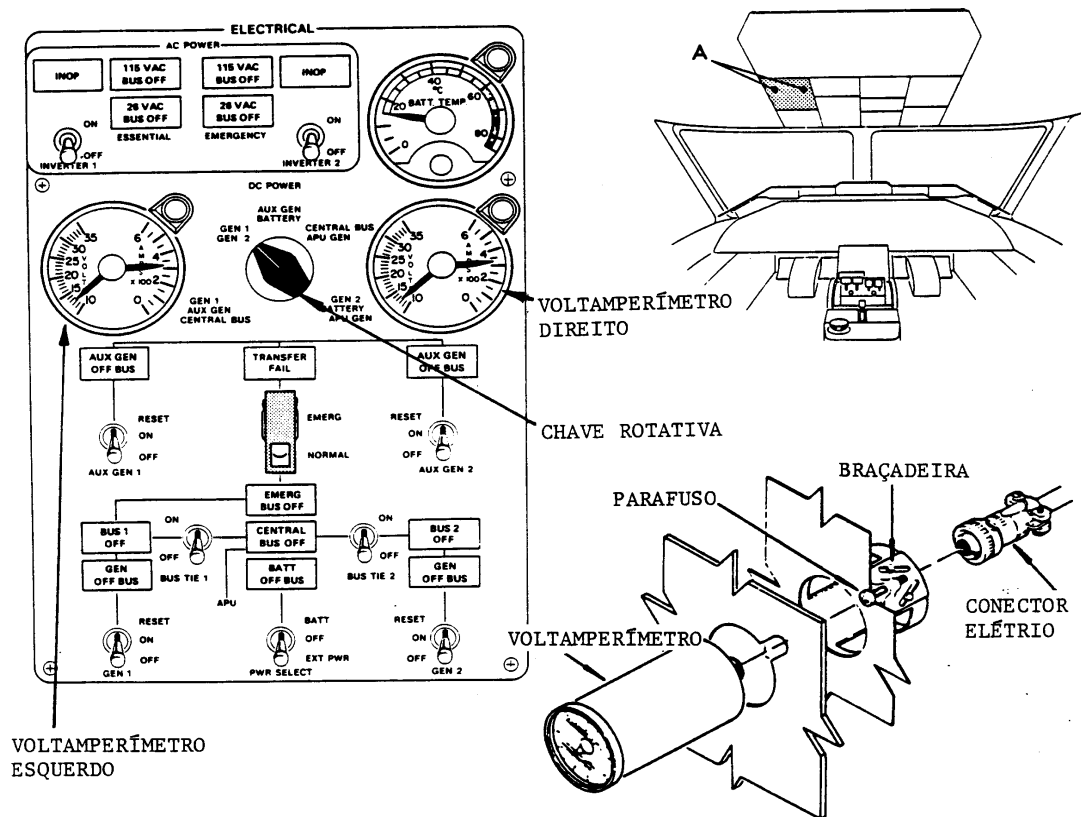


Figura 5-11 Localização dos voltímetros

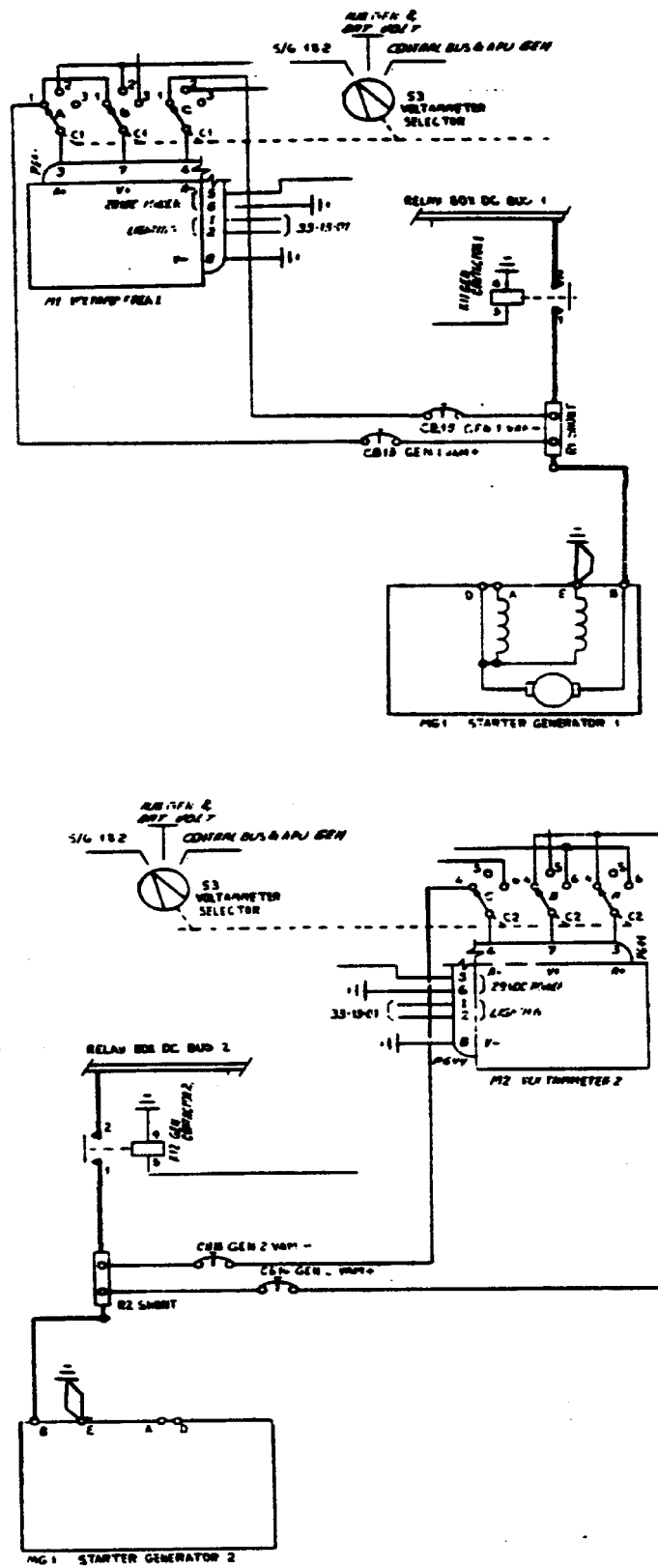


Figura 5-12 Utilização da chave seletora em GEN 1 / GEN 2 lendo-se as tensões e correntes dos geradores 1 e 2 nos instrumentos da esquerda e da direita respectivamente

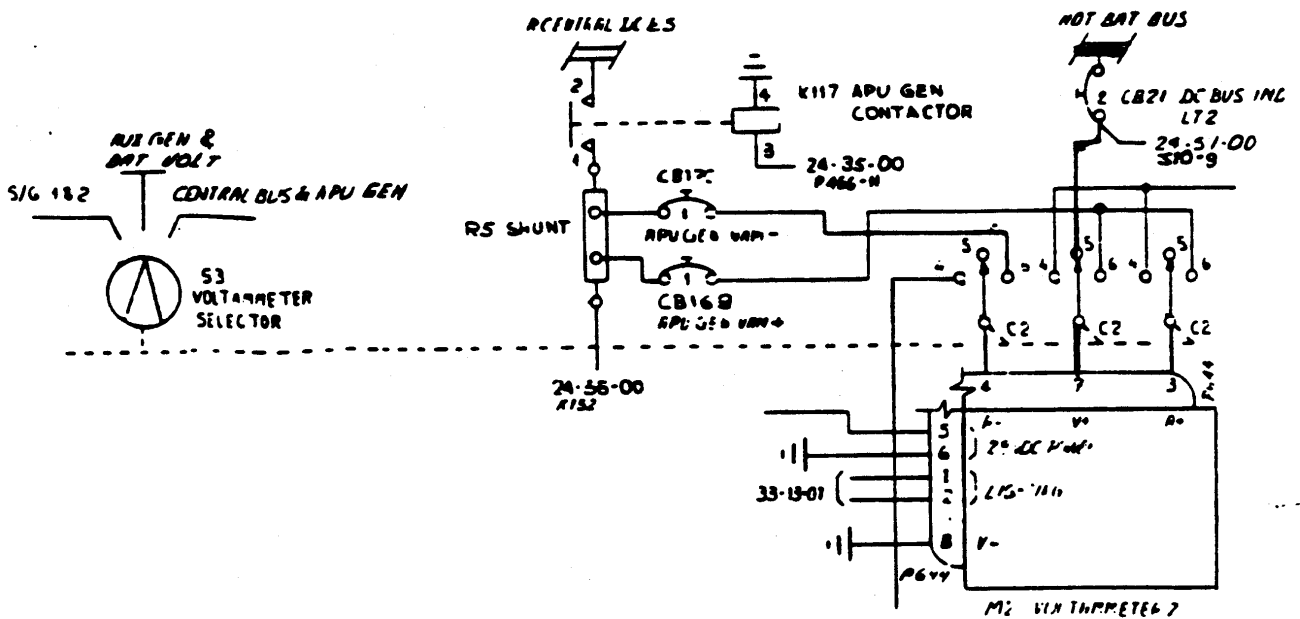
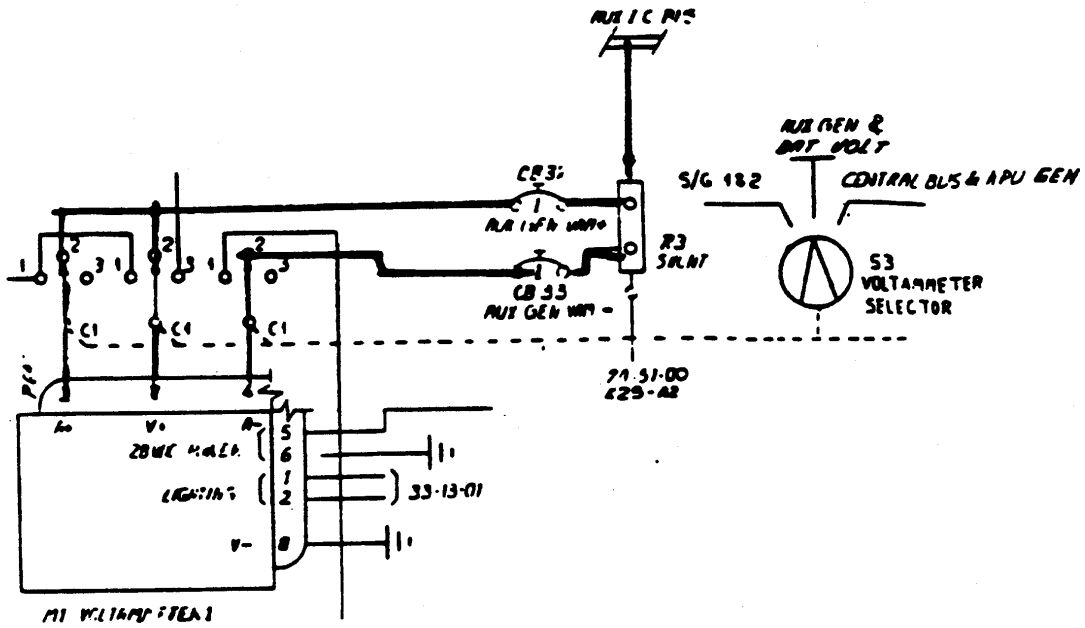


Figura 5-13 Utilização da chave seletora em AUX GEN / BATTERY sendo lidas a tensão e a corrente dos geradores auxiliares no instrumento da esquerda e a tensão da bateria no instrumento da direita

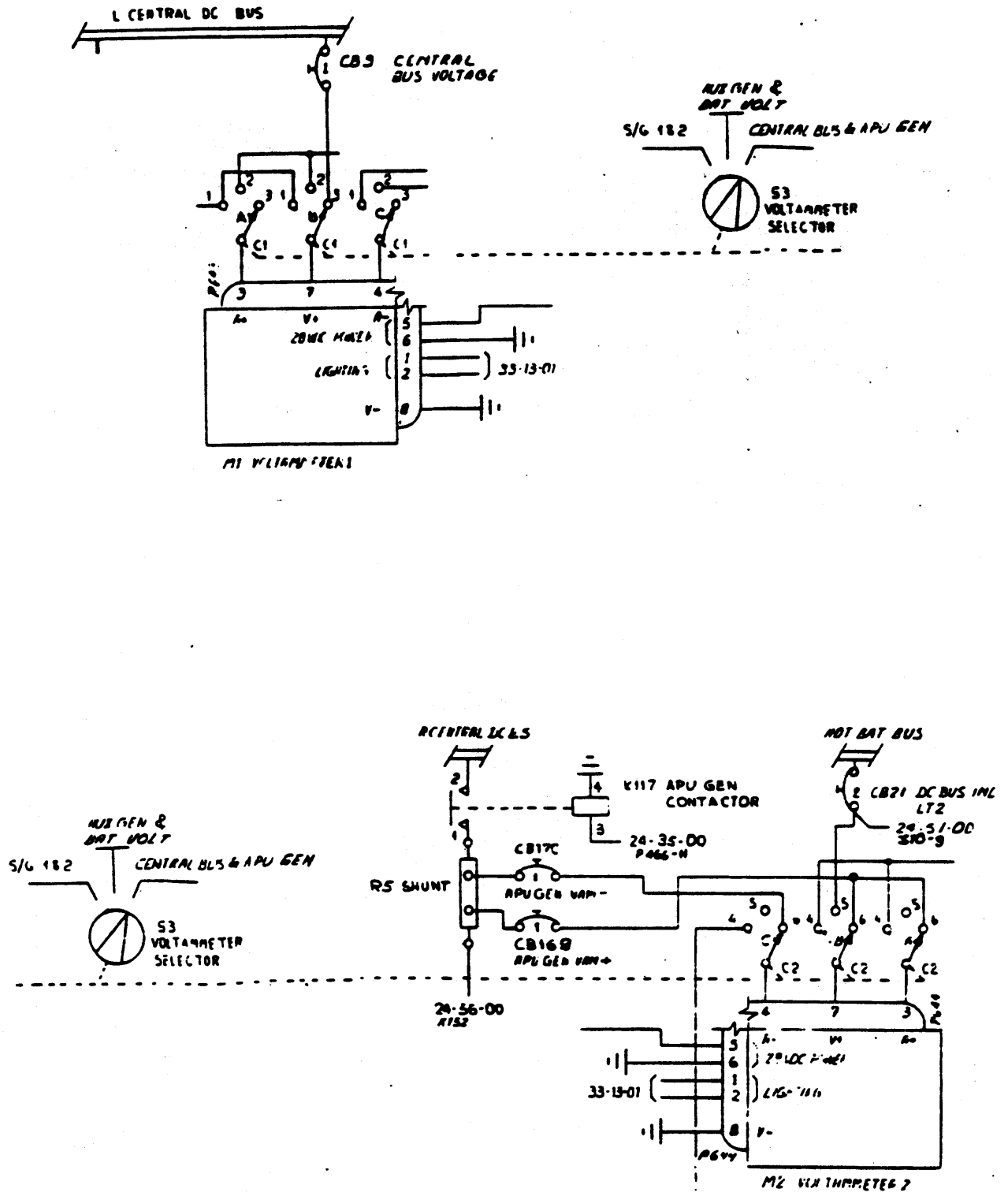


Figura 5-14 Utilização da chave seletora em CENTRAL BUS / APU GEN sendo lida a tensão da barra central no instrumento da esquerda e a tensão e a corrente do gerador da APU no instrumento da direita

RELÓGIO

Devido à necessidade de controlar a duração de um vôo e por mais algumas utilizações com referência à segurança e perfeição de uma viagem, são instalados relógios de precisão, tipo cronômetros, na cabine de comando, nos painéis de instrumentos.

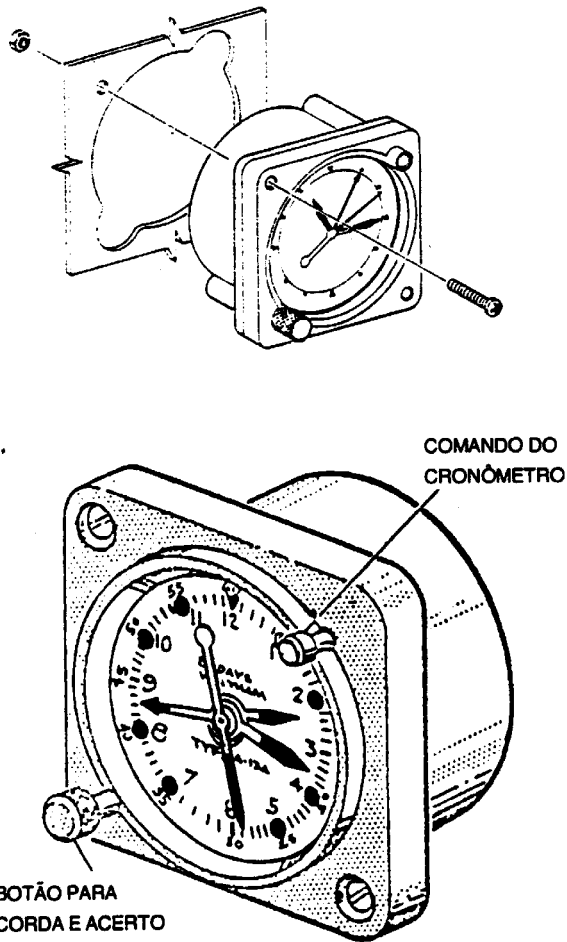


Figura 5-15 Comandos do relógio

Uma mola espiral, bastante forte, é enrolada o máximo possível. O esforço que ela faz para se desenrolar aciona um sistema mecânico, que mantém uma velocidade constante no eixo do ponteiro.

Normalmente estão instalados ponteiros para indicar horas, minutos e segundos. Alguns modelos possuem mais um ponteiro que indica tempo transcorrido. Quase todos têm corda para

oito dias, muito embora a praxe seja da tripulação completar a corda antes do início de cada viagem.

O comando do cronômetro comanda o disparo, o bloqueio e a volta dos ponteiros de segundos e de minutos à posição normal, sem afetar a indicação do relógio (horas e minutos).

Calibragem do Relógio

A regulagem consiste de uma escala graduada de F a S. O regulador deverá ser movido para F se o relógio estiver atrasando, e para S, se estiver adiantando. Cada intervalo na escala corresponde a uma variação de 1 a 2 minutos em cada 24 horas.

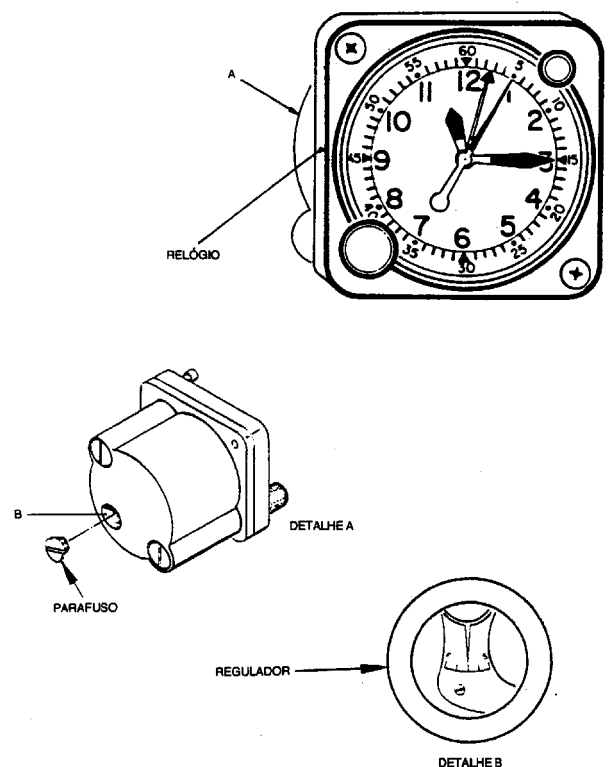


Figura 5-16 Calibragem do relógio

MEDIDOR DE FADIGA

Introdução

Durante o vôo uma aeronave é submetida a acelerações, as quais impõem esforços (cargas) estruturais com efeito cumulativo que podem causar, eventualmente, excesso de fadiga. A vida de fadiga de um determinado tipo de aeronave é definida pelos testes de fadiga nas partes estruturais considerando-se as condições

operacionais e pode ser expressa por um limitado número de ciclos para uma faixa determinada de valores de aceleração.

Um acelerômetro montado perto do centro de gravidade (CG) da aeronave pode então ser usado para monitorar as acelerações verticais da linha de vôo e para registrar o número de vezes que os ciclos da aceleração determinada são atingidos. Análises desses registros, junto a dados adicionais, possibilitam uma estimativa real da vida de fadiga total da estrutura.

Características

O medidor de fadiga é um acelerômetro e registrador.

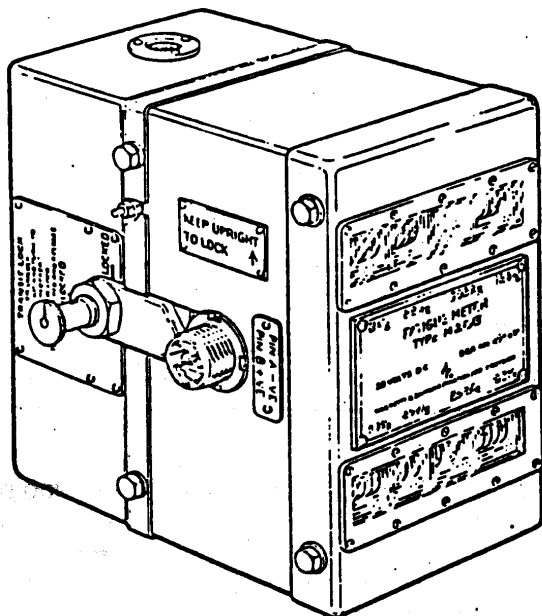


Figura 5-17 Medidor de fadiga

O medidor de fadiga é montado perto do CG da aeronave e a sua função é monitorar acelerações verticais da trajetória de vôo e registrar o número de vezes que cada uma das oito acelerações é excedida (-2,5, -2, -1 + 2,5, + 3,5, + 4,5 + 6,0, + 8,0).

Para assegurar que só serão registradas acelerações em vôo, a alimentação elétrica para o medidor de fadiga é normalmente controlada por um microinterruptor no trem de pouso ou por um outro localizado no interior do velocímetro. O medidor de fadiga consiste de uma caixa metálica

contendo um acelerômetro e oito contadores eletromagnéticos.

Para assegurar que só serão registradas variações na aceleração, que poderiam causar danos de fadiga significativos, os contadores operam em duas condições: travado e destravado. O circuito trava quando um valor de aceleração é atingido e destrava completando e contagem se o valor próximo de 1g é atingido.

A diferença entre estes valores de aceleração é conhecida como faixa limite, e os contadores são diferenciados pelo valor de trava.

Como é necessário registrar acelerações correspondentes a lentas variações do fator de carga (causados por manobras), mas desprezar acelerações comparáveis de alta frequência resultante de vibrações que causam danos de fadiga desprezíveis, o acelerômetro possui um sistema especial que controla rigidamente a resposta de frequência.

Este sistema consiste de uma mola principal, uma massa principal, molas secundárias, massa secundária e um amortecedor de corrente parasita proporcional à velocidade, e é destinado a causar um corte instantâneo da razão da amplitude da resposta com aumento de frequência que pode ser obtida por um sistema simples de uma mola, uma massa e um amortecedor proporcional.

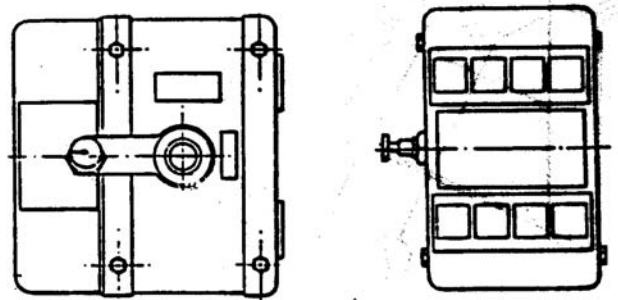


Figura 5-18 Vistas lateral e frontal do medidor de fadiga

Este projeto tem também a vantagem da grande redução do fator de carga no sistema de amortecimento, o qual permite grande confiança no sistema e vida mais longa.

Para proteger o acelerômetro contra os impactos normais no manuseio, o instrumento é equipado com um mecanismo de trava para

trânsito o qual imobiliza o acelerômetro antes da instalação na aeronave.

Definição

Os valores de aceleração são absolutos, isto é, em linha e nível de vôo a aceleração indicada é representada por 1g. A aplicação de fator de carga (g) positivo causará tudo no avião para torná-lo mais pesado e vice-versa para fator de carga (g) negativo.

Quando o instrumento está montado na aeronave, a massa principal se move para baixo em resposta ao fator de carga (g) positivo e para cima para fator de carga (g) negativo em relação ao eixo do avião.

Operação

Uma aceleração positiva aplicada no instrumento causará na massa sensora (2), a qual está apoiada na mola principal (1), um movimento para baixo em relação à caixa. Este movimento é transmitido ao tambor da corrente (5) através das molas secundárias (3) e corrente (4) fazendo com que o ressalto (o qual está montado no mesmo eixo que o tambor da corrente) gire sobre a face do comutador. O amortecimento é conseguido por uma unidade de amortecimento da corrente parasita, acionada pela engrenagem (6), e que também atua como uma massa secundária.

A unidade de amortecimento consiste de um cilindro (7) rodando em volta de um núcleo metálico, estando ambos dentro de um campo magnético permanente.

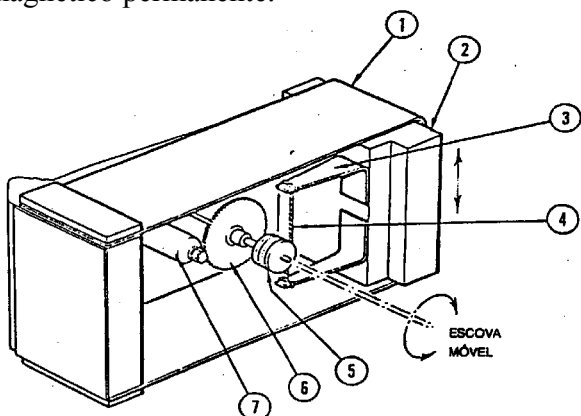


Figura 5-19 Unidades de operação do medidor de fadiga

Operação do Circuito

O circuito elétrico é alimentado por 28 VCC, e possui um microinterruptor, para permitir que o medidor de fadiga só entre em operação quando a aeronave estiver em vôo.

Os indutores (L1 e L2) e os capacitores (C1 e C2) são componentes supressores de interferência de rádio (filtros). O circuito será descrito para o registro de + 4,5G:

- o que controla a escova móvel (A) é a massa sensora;
- se a massa sensora consegue mover a escova móvel, sobe um segmento do comutador (no caso 4,5G), então;
- uma massa é colocada no ponto "T" do contador eletromagnético 6;
- a bobina iniciadora recebendo um massa e já estando provida de 28 VCC (aeronave em vôo) faz com que esta se energize e deste modo cause a mudança dos contatos;
- os contatos do relé alimentam a bobina contadora que já possui massa na outra extremidade. O resistor R2 em série com a bobina contadora serve como limitação da corrente;
- é registrada então a contagem;
- os contatos do relé também fornecem 28 VCC (através do R1) para a bobina mantenedora que mantém o relé energizado mesmo depois da escova móvel deixar o segmento do comutador que o ligará à bobina iniciadora;
- o relé continua energizado até que um massa é colocado no ponto S do contador eletromagnético 6 proporcionado pelo contato do segmento do comutador (2,0G - neste exemplo);
- para que o relé seja desenergizado dois sinais de massa estarão presentes na bobina mantenedora;
- o resistor (R1) que está em série com a bobina mantenedora limitará a corrente fornecida quando esta bobina estiver curto circuitada;
- o diodo (D1) permite a supressão da centelha para proteger o comutador.

Resumo:

Quando a massa sensora oscila, provocada pelas acelerações a que é submetida pelo movimento do avião, a corrente transforma o movimento linear vertical do peso em movimento

rotativo da escova. Esta escova, passando sobre a superfície do comutador em quantidade proporcional ao valor da aceleração sofrida, aciona os contadores atingidos por esta aceleração, registrando assim o valor atingido.

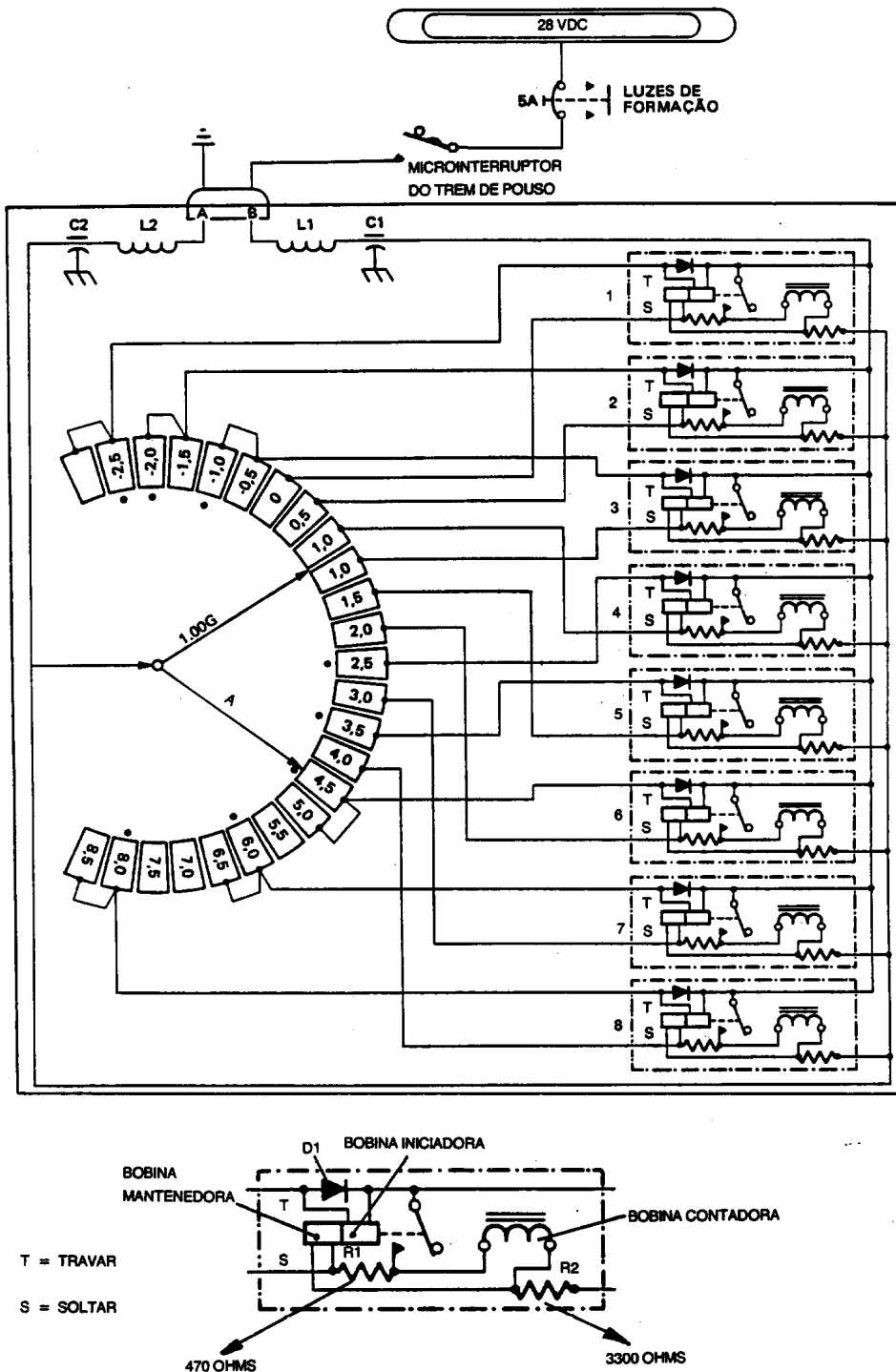


Figura 5-20 Diagrama esquemático do circuito elétrico do medidor de fadiga

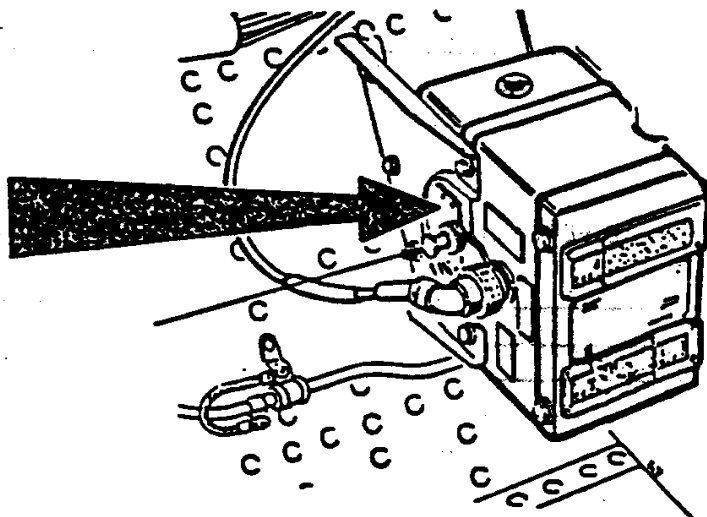
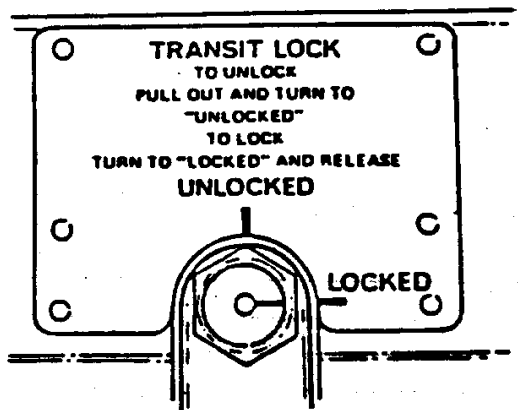


Figura 5-21 Localização da trava de trânsito que evita o registro quando não estiver devidamente instalado na aeronave

INDICADOR DE TEMPERATURA DO AR EXTERNO

O princípio de funcionamento do sistema de indicação da temperatura do ar exterior é idêntico ao de temperatura do óleo, variando apenas na localização do bulbo sensor e no instrumento de indicação cujo mostrador permite leituras a partir de -60°C até 60°C .

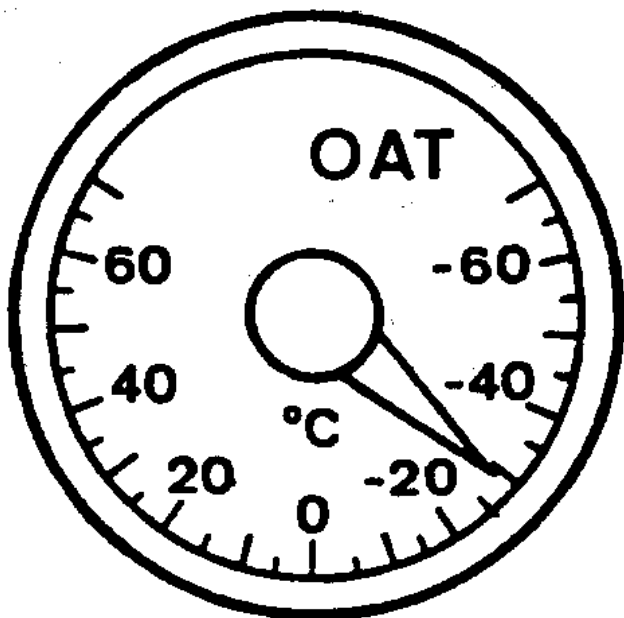


Figura 5-22 Indicador de temperatura do ar externo

Considerações Adicionais

Os termômetros instalados em aeronaves têm a sua parte sensível projetada para fora da fuselagem, para medir a temperatura do ar exterior.

Essa medida é correta, se a aeronave é de baixas velocidades. Entretanto, se a aeronave é de alta velocidade, há o aquecimento do ar provocado pelo atrito em torno da fuselagem. Esse aquecimento é também chamado calor de compressão.

Esse aquecimento provoca uma indicação errônea de temperatura que deve ser corrigido para propósitos de navegação.

A temperatura decresce com a altitude, em 2° para cada 1000 pés. Se um termômetro indica, num lugar ao nível do mar, 26°C , a temperatura no nível de:

$$4000 \text{ pés} = 18^{\circ}\text{C} \text{ (Queda de temperatura} = 4 \times 2^{\circ} = 8^{\circ} \text{. Logo } 26^{\circ} - 8^{\circ} = 18^{\circ}\text{C).}$$

$$6000 \text{ pés} = 14^{\circ}\text{C} \text{ (Queda de temperatura} = 6 \times 2^{\circ} = 12^{\circ} \text{. Logo } 26^{\circ} - 12^{\circ} = 14^{\circ}\text{C).}$$

Se a temperatura for medida numa altitude qualquer, 4.000 pés, por exemplo, ela decresce 2° a cada 1000 pés acima dessa altitude e aumenta 2° para cada 1000 pés abaixo desse nível.

INDICADORES DE QUANTIDADE DE COMBUSTÍVEL

Sistema tipo bóia

O sistema de indicação de quantidade de combustível mais simples é o do tipo bóia. Um

sistema deste tipo está apresentado de forma esquemática na figura 5-23, onde são vistos todos os seus componentes.

A figura 5-24 apresenta a bóia ligada a um transmissor de nível e através de ligações elétricas a indicação de quantidade é transmitida ao instrumento indicador na cabine.

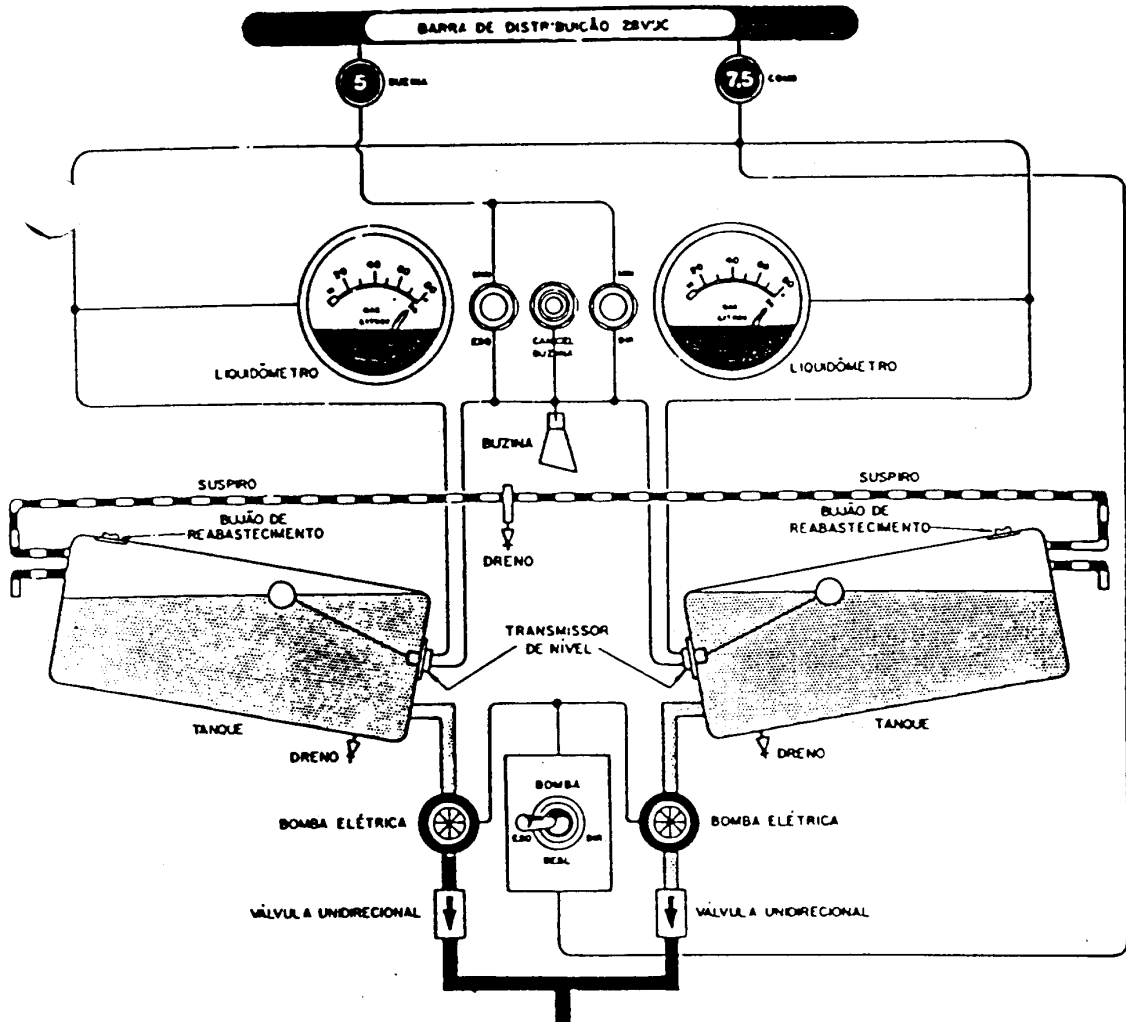


Figura 5-23 Sistema esquemático de combustível do tipo bóia

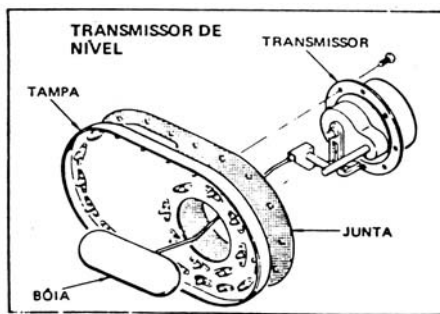


Figura 5-24 Transmissor de nível

Um outro sistema de indicação de quantidade de combustível do tipo bóia é o utilizado no helicóptero Esquilo e está apresentado na figura 5-25.

Este sistema possui internamente nos tanques um transmissor (figura 5-26) em cujo interior desloca-se uma bóia que movimenta um conjunto de ímãs transmitindo ao instrumento indicador (figura 5-27) o nível do combustível existente no tanque.

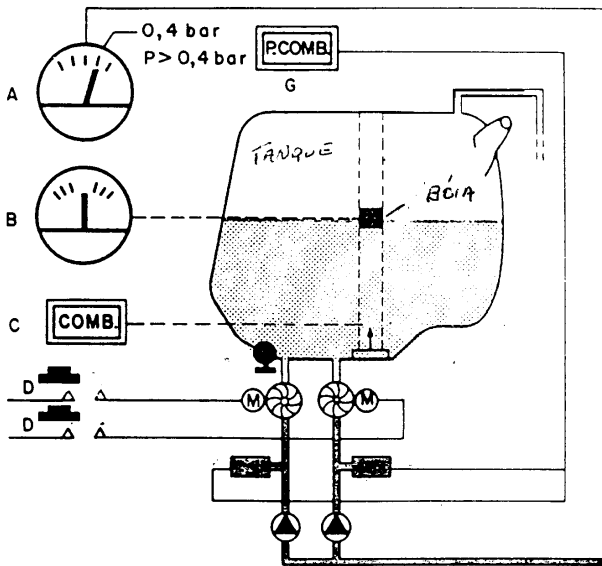


Figura 5-25 Sistema tipo bóia com alarme

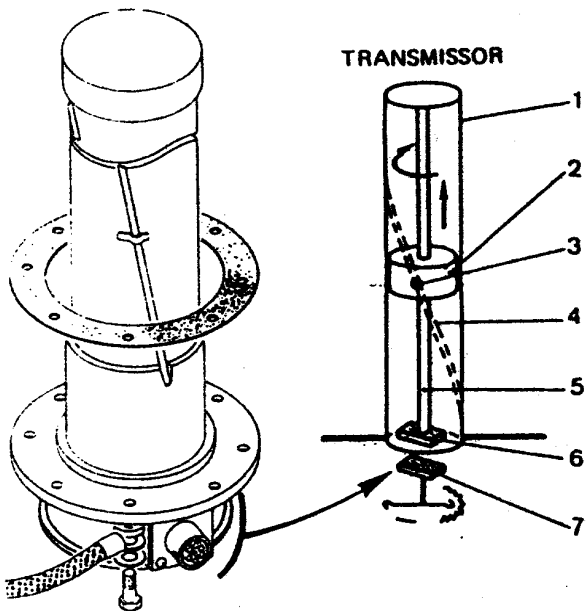


Figura 5-26 Transmissor

O transmissor é do tipo bóia e came helicoidal comandando um potenciômetro e um contato de nível baixo. O indicador é do tipo bobinas de fluxos cruzados. A bóia (2) instalada num tubo (1), acompanha o nível do combustível. Um pino (3) solidário com a bóia, desloca-se em um fenda helicoidal (4) do tubo. Uma haste de comando (5) transmite a rotação da bóia a um ímã transmissor (6). Do outro lado da divisão estanque, um segundo ímã (7) acompanha os deslocamentos do primeiro.

Este ímã aciona dois cursores:

- o cursor A atrita-se com a resistência do potenciômetro de medição de nível;
- o cursor B serve de contato de nível baixo na faixa do setor C (de 60 litros a 0 litros).

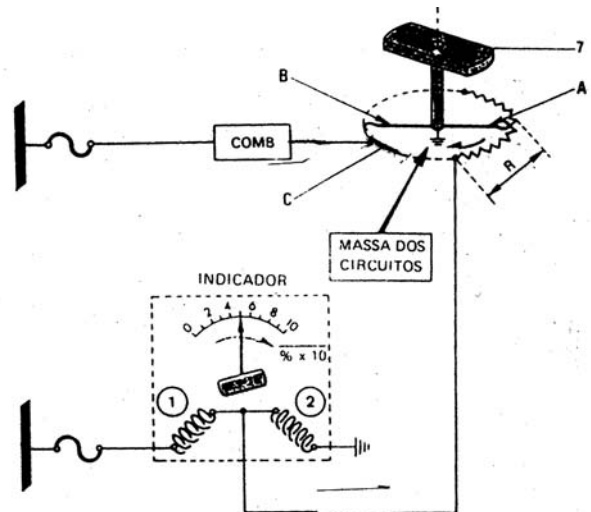


Fig. 5-27 Circuito do indicador de nível

As variações da resistência R (figura 5-27) modificam a direção do campo resultante das bobinas (1) e (2). A cada posição da bóia corresponde uma posição do ponteiro indicador.

Quando o nível 60 litros é atingido, o cursor B fecha o circuito no setor C e a luz “COMB” acende informando ao piloto que só dispõe de combustível para aproximadamente 20 minutos de voo.

Sistema tipo Capacitor

O sistema de medir combustível do tipo capacitor é um dispositivo eletrônico que determina com exatidão o peso do combustível nos tanques de um avião.

Os componentes básicos do sistema são: um indicador, uma sonda do tanque, uma unidade ponte e um amplificador.

Em alguns sistemas, a unidade ponte e o amplificador são uma só unidade montada na mesma caixa.

Sistemas mais modernos foram projetados com a unidade ponte e um amplificador transistorizado, construído dentro do estojo do instrumento.

O indicador de quantidade de combustível mostrado na figura 5-28 é um instrumento selado, auto balanceado, contendo um motor, um conjunto de ponteiro, amplificador transistorizado, circuito ponte e potenciômetros de ajuste.

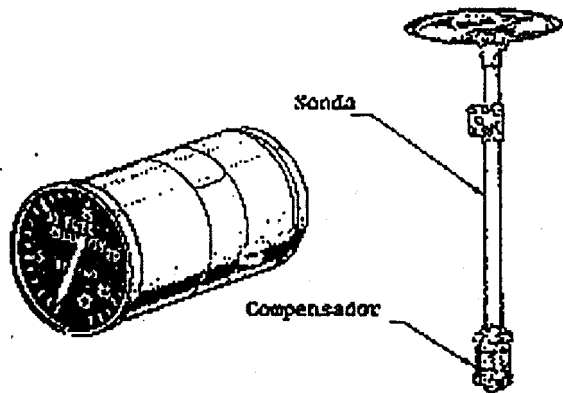


Figura 5-28 Indicador e sonda de um sistema tipo capacitor

Uma mudança na quantidade de combustível de um tanque causa mudança na capacitância da unidade do tanque. Essa unidade do tanque faz parte de um circuito de capacitância.

O sinal de voltagem resultante do desequilíbrio desse circuito é amplificado sensitivamente na unidade de força; este sinal energiza um motor de indução, aciona um potenciometro na direção apropriada para reequilibrar o circuito, e ao mesmo tempo posiciona um ponteiro indicador mostrando a quantidade de combustível remanescente no tanque.

Uma versão simplificada de uma unidade do tanque é mostrada na figura 5-29.

A capacitância de um capacitor depende de três fatores:

- A área das chapas;
- A distância entre as chapas;
- O dielétrico constante do material entre as chapas.

O único fator variável da unidade do tanque é o dielétrico do material entre as chapas. Quando o tanque está cheio, o material dielétrico é todo combustível. Sua constante dielétrica é cerca de 2,07 a 0°C comparado a um dielétrico constante de 1 para o ar.

Quando o tanque está pela metade existe ar entre as metades superiores das placas, e combustível entre as placas em sua parte inferior. Assim o capacitor tem menor capacitância do que tinha antes quando o tanque estava cheio.

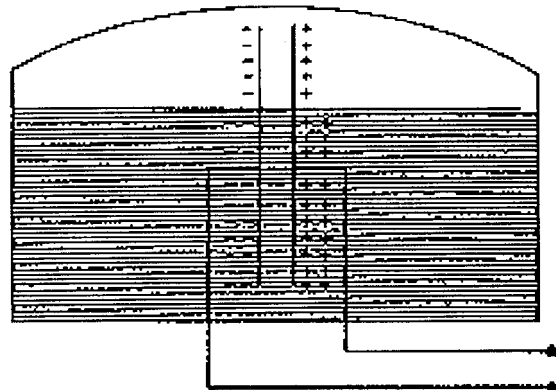


Figura 5-29 Circuito tanque-capacitância

Quando o tanque está vazio, haverá somente ar entre as placas e, conseqüentemente, a capacitância será ainda menor. Qualquer mudança na quantidade de combustível entre o tanque cheio e o tanque vazio provoca uma mudança correspondente na capacitância.

Um circuito de capacitância simplificado é mostrado na figura 5-30. O capacitor do tanque de combustível e um capacitor de referência fixo estão conectados em séries, através de uma bobina transformadora secundária.

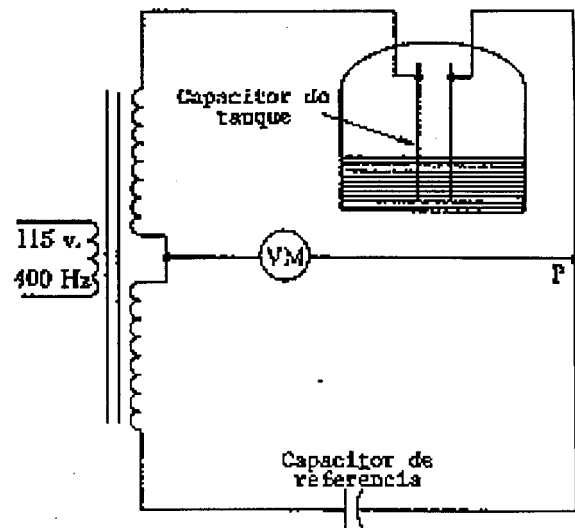


Figura 5-30 Circuito ponte de capacitância

Um voltímetro está conectado do centro da bobina do transformador até um ponto entre os dois capacitores.

Se as duas capacitâncias são iguais a queda de voltagem será igual, e a voltagem entre o centro e o ponto "P" será zero. Assim que a quantidade de combustível aumenta, a capacitância da unidade do tanque aumenta causando maior fluxo de corrente na unidade do tanque e no circuito. Isto causará a existência de uma voltagem através do voltímetro, que está ligado em fase com a voltagem aplicada ao transformador.

Se a quantidade do tanque diminui, haverá um menor fluxo da corrente no lado do tanque. A voltagem através do voltímetro está agora fora de fase com a voltagem aplicada ao transformador. Em um instrumento atual tipo capacitor, a informação para o amplificador de dois estágios está conectada em lugar do voltímetro. Ele amplifica o sinal de um desbalanceamento na unidade ponte.

A saída do amplificador energiza uma bobina no motor indicador de duas fases. A outra bobina motor, chamada "Fase de Linha", está constantemente energizada pela mesma voltagem que é aplicada ao transformador no circuito ponte, mas sua fase está desalinhada 90° por um capacitor.

Como resultado, o motor indicador é sensível a fase, isto é, ele vai operar em qualquer direção, dependendo se a capacitância da unidade do tanque está aumentando ou diminuindo. Quando a capacitância do tanque aumenta ou diminui, devido a mudança na quantidade de combustível, é necessário reajustar o circuito ponte para uma condição de balanceamento, de forma que o motor indicador não continue mudando a posição da agulha indicadora. Isto é conseguido por um potenciômetro balanceador, conectado através da metade do transformador secundário, conforme mostrado na figura 5-31.

O motor indicador move o braço do potenciômetro na direção necessária para manter equilíbrio contínuo na ponte. O circuito mostrado na figura 5-31 é um circuito de ponte com equilíbrio próprio.

Um potenciômetro "vazio" e um calibrado "cheio" estão ligados através das partes do transformador secundário em pontas opostas da bobina. Estes potenciômetros podem ser ajustados para equilibrar as voltagens da ponte sobre um sistema completo, de alcance de capacitância, de vazio até completamente cheio de um específico sistema.

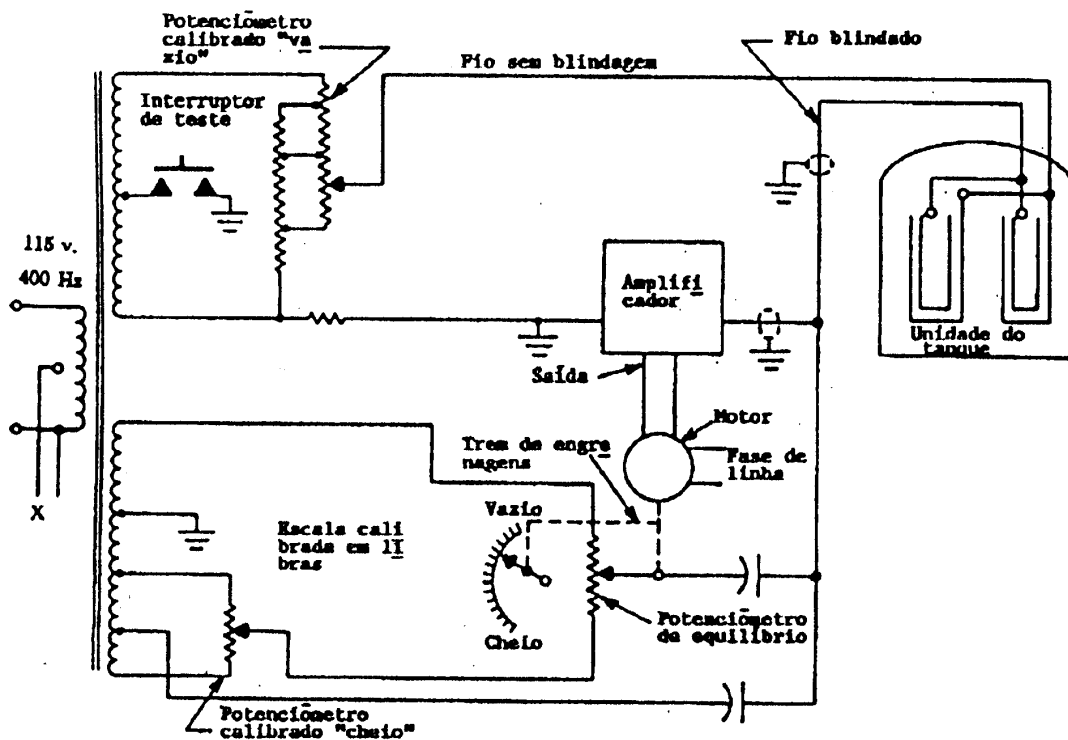


Figura 5-31 Circuito de ponte de equilíbrio próprio

Em algumas instalações onde o indicador mostra o conteúdo de somente um tanque, e onde o tanque é mais ou menos simétrico, uma unidade é o suficiente, entretanto para maior exatidão, em tanques de forma peculiar, duas ou mais unidades são ligadas em paralelo para minimizar o efeito de mudanças na atitude do avião e o deslocamento do combustível nos tanques.

SISTEMAS DE INDICAÇÃO DO ÂNGULO DE ATAQUE

O sistema de indicação do ângulo de ataque detecta o ângulo de ataque do avião de um ponto na lateral da fuselagem, e fornece informações para o controle e atuação de outras unidades e sistemas no avião. Os sinais são fornecidos para operar um indicador de ângulo de ataque (figura 5-32) localizado no painel de instrumentos, onde uma indicação visual contínua do atual ângulo de ataque é mostrada.

Um sistema típico de ângulo de ataque fornece sinais elétricos para a operação de um atuador dos pedais do leme, o que alerta o operador de um estol iminente quando o avião está se aproximado de um ângulo de ataque crítico.

Chaves elétricas são atuadas no indicador de ângulo de ataque a vários ângulos de ataque pré-estabelecidos.

O sistema indicador de ângulo de ataque consiste de um detector (transmissor) da direção de corrente de ar (figura 5-32B) e um indicador localizado no painel de instrumentos.

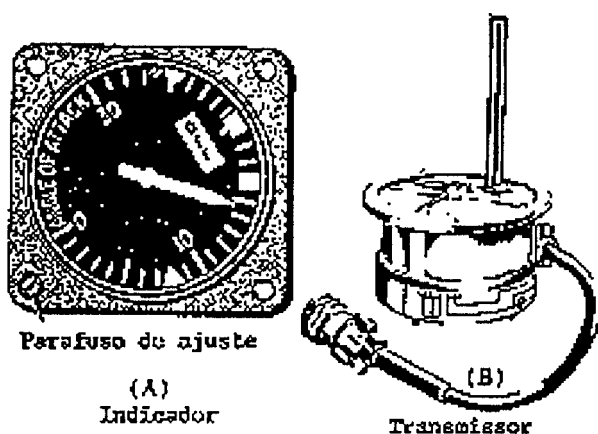


Figura 5-32 Sistema de indicação do ângulo de ataque

O detector de direção de corrente de ar contém um elemento sensível que mede a direção local da corrente de ar, relativo ao ângulo do ataque verdadeiro, detectando a diferença angular entre o fluxo de ar local e um ponto de referência na fuselagem do avião. O elemento sensível opera em conjunção com o circuito ponte balanceado que converte as posições da antena em sinais elétricos.

A operação de sistema indicativo de ângulos de ataque está baseada na detecção de pressão diferencial, no ponto onde a corrente de ar está fluindo numa direção que não é paralela ao verdadeiro ângulo de ataque do avião. Esta pressão diferencial é causada por mudanças no fluxo de ar ao redor da unidade antena.

A antena estende-se através da fuselagem do avião para o vento relativo.

O final exposto da antena contém duas fendas paralelas que detectam a pressão diferencial do fluxo de ar (figura 5-33).

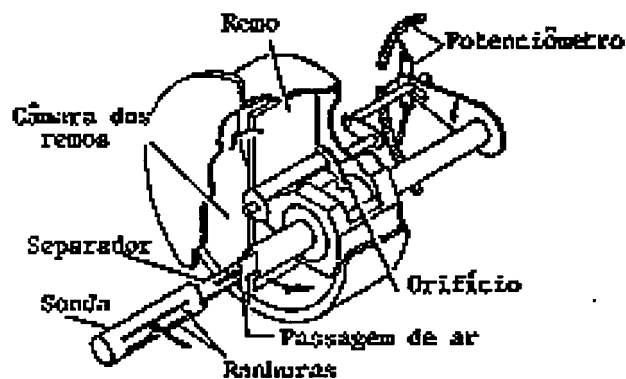


Figura 5-33 Detector da direção do fluxo de ar

O ar que passa pelas fendas é transmitido através de duas passagens separadas, para compartimentos separados em uma câmara, onde existem dispositivos em forma de remo. Qualquer pressão diferencial causada por desalinhamento da antena em relação a direção do fluxo de ar causará uma rotação nos remos.

Os remos movendo-se rodarão a antena através de um mecanismo, até que a diferencial de pressão seja zero. Isto ocorre quando as fendas estão simétricas com a direção da corrente de ar. Dois potenciômetros eletricamente separados rodando com a antena fornecerão sinais para indicações remotas. A posição da antena ou rotação é convertida em um sinal elétrico por um

dos potenciômetros, que é o componente transmissor de um circuito auto-ajustável. Quando um ângulo de ataque do avião é mudado e, subseqüentemente, a posição do potenciômetro transmissor é alterada, um erro de voltagem existe entre o potenciômetro transmissor e o potenciômetro receptor.

Fluxos de corrente através de um relé sensível polarizado rodam um servo motor no indicador.

O servo motor energiza o receptor potenciômetro na direção exigida para reduzir a voltagem, e restaurar o circuito a uma condução eletricamente equilibrada.

O ponteiro indicador está ligado, e se move com o receptor potenciômetro para indicar no mostrador o ângulo de ataque relativo.

INDICADORES DE PRESSÃO HIDRÁULICA

Os mecanismos usados no recolhimento ou abaixamento, do trem de pouso, ou os flapes, na maioria dos aviões são operados por um sistema hidráulico.

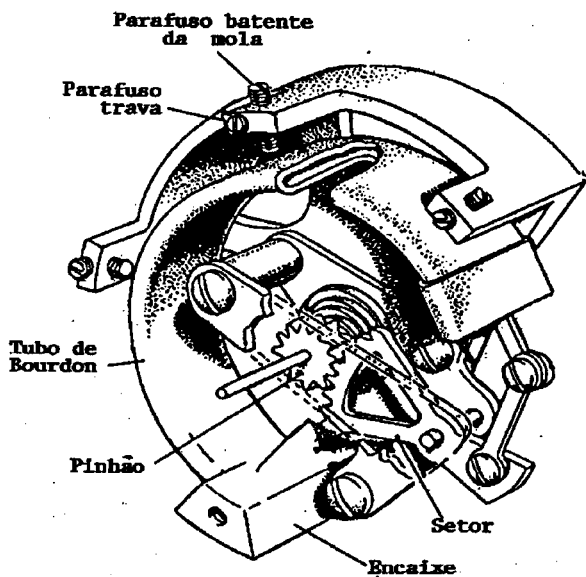


Figura 5-35 Indicador de pressão tipo tubo de Bourdon

Um indicador para medir a pressão diferencial no sistema hidráulico indica como este sistema está funcionando. Os indicadores de pressão hidráulica são projetados para indicar, ou

a pressão do sistema completo, ou a pressão de uma unidade em particular no sistema.

Um mostrador típico de pressão hidráulica é mostrado na figura 5-36.

O estojo desse instrumento contém um tubo Bourdon e um mecanismo de coroa e pinhão, através do qual os movimentos de deformação do tubo Bourdon são amplificados e transferidos para o ponteiro.

A posição do ponteiro no mostrador calibrado indica a pressão hidráulica em libras por polegada ao quadrado.

As bombas que geram pressão para as unidades hidráulicas dos aviões são movidas, ou pelo próprio motor do avião, ou por motor elétrico, ou por ambos.

Alguns sistemas usam um acumulador de pressão para manter uma reserva de fluido hidráulico sob pressão em qualquer tempo. Em tais casos, o indicador de pressão registra permanentemente a pressão no acumulador.

Em outros sistemas hidráulicos a pressão de operação é gerada somente quando necessária, e o registro de pressão no instrumento somente aparecerá durante essas condições.

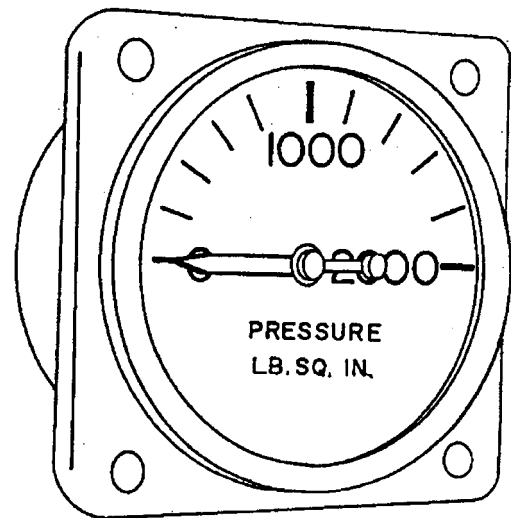


Figura 5-36 Indicador de pressão hidráulica

INDICADORES DE PRESSÃO DO SISTEMA DE DEGELÓ

Alguns aviões são equipados com câmaras de borracha nas superfícies frontais das asas e

estabilizadores. Essas câmaras inflam e esvaziam com ar fornecido por um sistema de pressão próprio. A finalidade é provocar a quebra de gelo acumulado nessas superfícies.

Essas câmaras de ar serão chamadas, daqui para frente de “BOOTS”. Os *Boots* de expansão de borracha, que degelam os bordos de ataque das asas e estabilizadores em alguns aviões, são operados por um sistema de ar comprimido.

Há um instrumento que mede a pressão do sistema, medindo a diferença entre a pressão atmosférica e a pressão no interior do sistema de degelo, indicando se há suficiente pressão para operar os boots degeladores. O instrumento também fornece ao sistema um método de medida ao se ajustar a válvula de alívio e o regulador do sistema degelo.

Um indicador típico de pressão é mostrado na figura 5-37.

O estojo tem um respiro na parte inferior para manter pressão atmosférica no interior do instrumento, bem como prover um dreno para qualquer umidade que possa acumular-se no interior do instrumento.

O mecanismo do instrumento de medir a pressão de degelo consiste de um tubo Bourdon, e uma engrenagem com um pinhão, para amplificar o movimento do tubo e transferi-lo para o ponteiro.

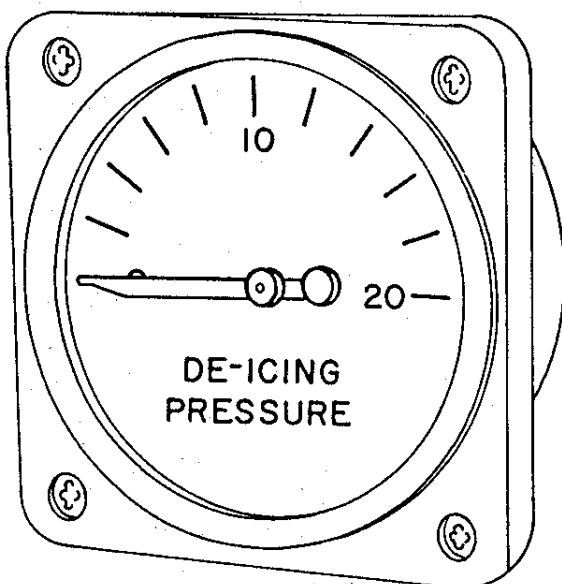


Figura 5-37 Indicação da pressão do degelador.

A pressão do sistema de degelo entra no tubo Bourdon através de uma conexão na parte posterior do instrumento. Um instrumento de pressão é tipicamente calibrado de 0 PSI até o máximo de 20 PSI, com a escala marcada em graduações de 2 PSI, conforme indica a figura 5-37.

Quando instalado e conectado num sistema de pressão de degelo do avião o indicador do instrumento permanece em 0, a não ser que o sistema degelo esteja operando. O ponteiro do instrumento flutuará de 0 PSI até, aproximadamente, 08 PSI sob condições normais, porque os boots degeladores são intermitentemente inflados e esvaziados. Esta flutuação é normal e não deverá ser confundida com oscilação.

Indicadores de pressão tipo diafragma

Este tipo de instrumento usa um diafragma para medir pressão. A pressão ou sucção a ser medida é admitida ao interior do diafragma sensível a pressão, através de um furo na parte traseira do estojo do instrumento.

Uma pressão oposta, geralmente a pressão atmosférica, é aditivada através de um respiro na caixa do instrumento (figura 5-38).

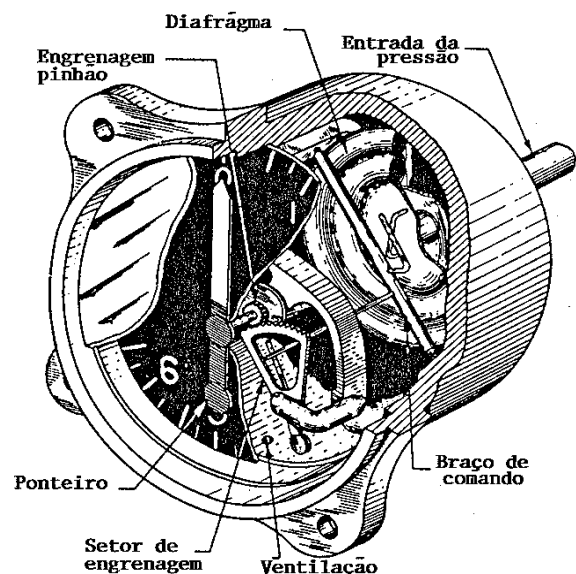


Figura 5-38 Indicador de pressão tipo diafragma.

Como as paredes do diafragma são muito finas, o aumento de pressão causará uma

expansão no diafragma; e uma diminuição de pressão causará uma contração no diafragma.

Qualquer movimento do diagrama é transmitido ao ponteiro por meio de um eixo, engrenagem e pinhão que são conectadas à parte da frente.

Esse instrumento mede também a pressão diferencial, porque indica a diferença entre a pressão estática admitida pelo respiro do instrumento, e a pressão dinâmica ou fluxo dentro do diagrama.

INDICADORES DE SUCCÃO

Indicadores de sucção são usados nos aviões para indicar a quantidade de sucção que aciona os instrumentos giroscópicos movidos por ar. Os rotores dos instrumentos giroscópicos são mantidos em movimento por correntes de ar

dirigidas contra as palhetas do rotor. Essas correntes de ar são produzidas pelo bombeamento de ar para fora das caixas do instrumento por uma bomba de vácuo. A pressão atmosférica, então, força o ar para o interior dos estojos dos instrumentos através de filtros, e é este ar que é dirigido contra as palhetas do rotor para movê-los e girá-los.

O indicador de sucção indica se o sistema de vácuo está trabalhando adequadamente. O indicador de sucção tem um respiro para a atmosfera ou para a linha do filtro de ar, e contém um diafragma sensível à pressão e mais o mecanismo usual multiplicador que amplifica o movimento do diafragma e transfere esse movimento ao ponteiro.

A leitura do instrumento de sucção indica a diferença entre a pressão atmosférica e a pressão negativa no sistema de vácuo.