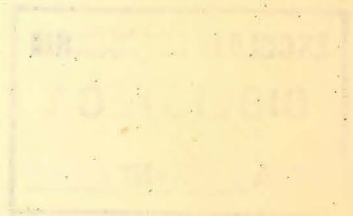


ESCOLA DE ENGENHARIA DA U. R. G. S.
Tese para o Concurso da
Cátedra de Eletrotécnica Geral

**Determinação Precisa do Tempo e do
Número de Revoluções na Aferição de
Medidores de Energia Elétrica**

Engo. Paulo Pedro Petry



JULHO - 1957

P R E F Á C I O

O presente trabalho teve origem em vislumbrar-se, de forma cada vez mais decisiva, a necessidade local de aferições de padrões rotativos. Cabe lembrar, no presente caso, que os órgãos técnicos e oficiais do Estado estão insuficientemente aparelhados para realizar aferições precisas dos instrumentos acima mencionados. Dado o exposto, interessou-se o autor em estudar o problema da medida de energia elétrica, assunto de relevância na ciência da eletricidade, com o fim de tentar proporcionar, dentro das técnicas mais modernas, a aferição de padrões rotativos.

Uma vez que se dispusesse de instrumentos elétricos primários e secundários de boa qualidade, ficava a tarefa subordinada a uma determinação precisa do tempo e de processos adequados de operação (preferentemente com elevado grau de automatismo), dando origem ao projeto e construção do aparelho apresentado nas páginas seguintes.

Com a evolução do trabalho, foram agregados diversos dispositivos, com a finalidade de contar automaticamente revoluções do disco do medidor, proporcionando dessa forma, extender o uso do mesmo para aferição de contadores comuns.

Ficou, desta maneira, o aparelho arquitetado chamado de cronofototaquímetro, como parte preponderante na aferição de medidores de energia, de qualquer tipo e de qualquer grau de precisão.

O texto a seguir, foi dividido em diversos títulos, procurando desta forma, dar uma melhor apresentação ao assunto. O primeiro capítulo, prolegômenos, foi escrito como retrospecto, lembrando as quantidades básicas que entram no cômputo da energia e dos processos de aferição; mostrando, a seguir, as primeiras conclusões que orientaram o autor nesta obra.

O segundo capítulo, generalidades, trata das diretrizes e soluções adotadas, mostrando em bloco a configuração que assumiu o cronofototaquímetro.

O terceiro capítulo, circuitos parciais, é um estudo pormenorizado das diversas etapas constituintes, mostrando em linhas gerais as principais dificuldades que foram contornadas.

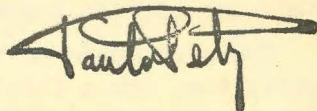
O quarto capítulo, agrupamento das etapas, discute a juxtaposição dos circuitos parciais, tanto das etapas essenciais como das complementares.

Finalmente, o último capítulo, o quinto, aborda os resultados, conclusões, campo de aplicação e precisões obtidas.

+ + + + +

O aparelho assim descrito encontra-se instalado no Instituto de Eletrotécnica da Escola de Engenharia da Universidade do Rio Grande do Sul. Dêle faz o autor oferta a essa instituição.

Julho, 1957
Pôrto Alegre
R. G. do Sul



RECONHECIMENTO

O autor deseja lavrar neste opúsculo seu profundo agradecimento a uma plêiade de pessoas ilustres, que, de uma forma decisiva, contribuíram para a realização d'êste trabalho.

Entre os diversos órgãos, pertencentes à Universidade do Rio Grande do Sul, quer lembrar os nomes dos professores Antônio Alberto Goetze e Walter Ries, que, na qualidade de responsáveis pela Estação de Radiodifusão, deixaram à disposição a oficina daquela divisão. Professores Rubens P. Rodrigues e Heddy Pederneira, o primeiro como Diretor do Instituto de Eletrotécnica propiciou um eficiente auxílio material e humano; o segundo, facultando o livre acesso ao Gabinete de Eletrônica d'êste Instituto.

Professores Gerard Hepp e Ary N. Tietböhl, respectivamente Chefe da Divisão de Eletrônica e Diretor Executivo do Centro de Pesquisas Físicas, prestimosos e incansáveis em colaborar.

Professor Eugênio O. de Brito, Diretor do Instituto Astronômico, que proporcionou e acompanhou os ensaios finais.

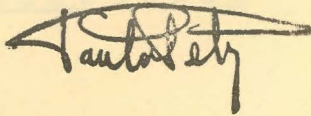
Fica particularmente grato ao professor João B. Perlott que na qualidade de mestre, conselheiro e Diretor do Instituto Tecnológico do Rio Grande do Sul, encorajou o autor nesta tarefa.

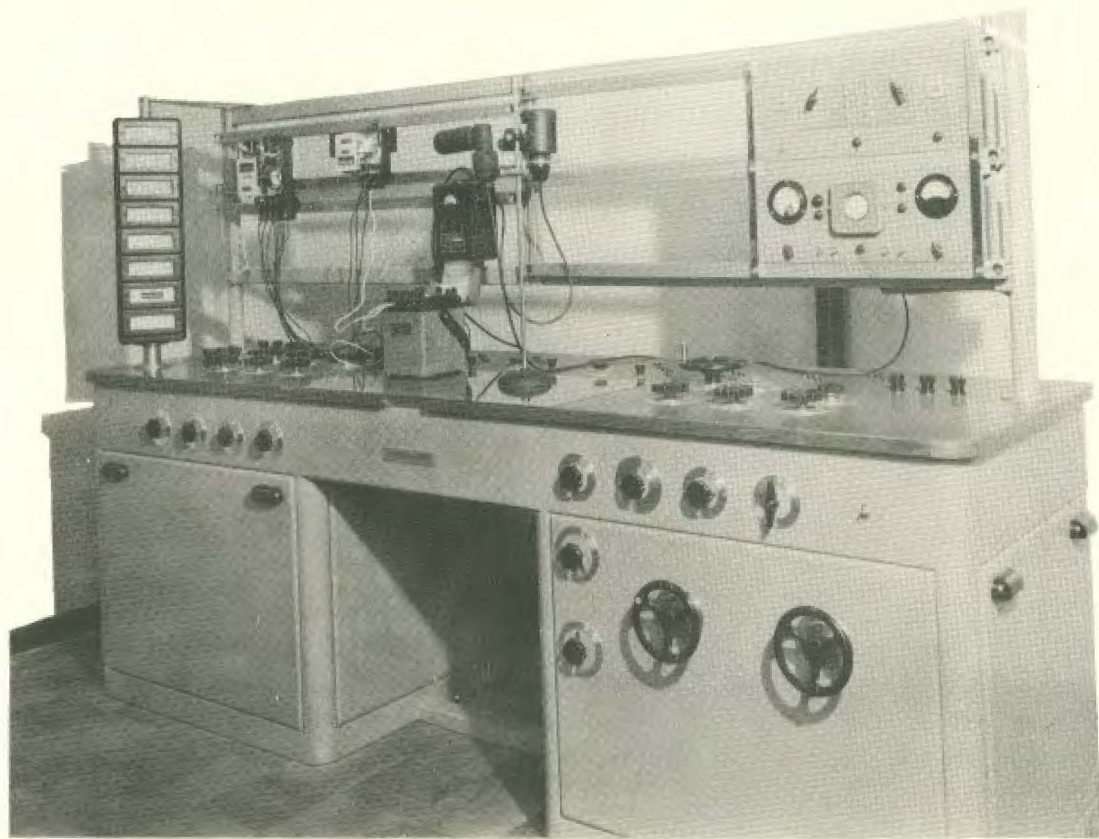
Por ocasião, no ano próximo passado, de sua visita ao Instituto Eletrotécnico de S. Paulo, lembra as cortesias do Dr. Euclides Casella, engenheiro chefe da Secção de Aferições bem como de outros engenheiros e funcionários, facultando meios e dados correlatos ao assunto de aferição de medidores de energia elétrica.

Finalmente, quer apresentar sua homenagem ao grupo de funcionários do Instituto de Eletrotécnica local, que di-

reta ou indiretamente tiveram suas atividades ligadas aos experimentos do autor.

Julho, 1957
Porto Alegre
R. G. do Sul

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Paulo ety', with a long horizontal stroke extending to the right.



1. — Vista frontal da mesa de aferição e do cronofototaquímetro

ÍNDICE

I - PROLEGÔMENOS

1. - Conceitos básicos	15
2. - Métodos de aferição	16
3. - Aferição de padrões secundários	17
4. - Equipamento auxiliar	19
5. - Conseqüências básicas iniciais	21

II - GENERALIDADES

1. - Orientação do problema	23
2. - Tentativas e soluções adotadas	25
3. - Diagrama definitivo	30

III - CIRCUITOS PARCIAIS

1. - Discriminador	33
2. - Monovibrador rápido	38
3. - Demultiplicador bianelar	39
4. - Separadores	44
5. - Tiratrônios e relés eletromagnéticos	45
6. - Fotocélula e circuitos correlatos	48
7. - Cronômetro eletromagnético	50
8. - Registrador eletromecânico	52
9. - Fontes de energia	54
10. - Dispositivos de proteção e controle	54

IV - AGRUPAMENTO DAS ETAPAS

1. - Disposição geral	55
2. - Acoplamento do discriminador e fotocélula como monovibrador rápido	56
3. - Demultiplicador bianelar	57
4. - Acoplamento do monovibrador com as etapas subseqüentes	57
5. - Ligação das etapas complementares	59

V - RESULTADOS E CONCLUSÕES

1. - Campo de aplicação	61
2. - Medida precisa de um intervalo de tempo	61
3. - Contagem de revoluções	64
4. - Ensaio combinados	64
5. - Ensaio em grupo	67
6. - Conclusões finais	67

SÚMULAS

Em Português	71
Em Francês	71
Em Inglês	72
Em Alemão	73
 Bibliografia	 75

APÊNDICE

FOTOGRAFIAS:

1. - Vista frontal da mesa de aferição e do cronofototaquímetro	9
2. - Vista frontal do chassis 1 e 2	77
3. - Vista posterior do chassis 1 e 2	79
4. - Vista lateral do chassis 3 (localizado dentro da mesa de aferição)	81

DIAGRAMAS:

- A. - Circuito do CRONOFOTOTAQUÍMETRO.
- B. - Localização dos dispositivos de comando e ligações.
- C. - Esquema geral unifilar da estação de aferição.
- D. - Circuito modificado da mesa de aferição.

+ + + + +
+
+

SÍMBOLOS E ABREVIATURAS ADOADAS

A	- Ampère
C	- Capacitor
C.A.	- Corrente alternativa
C.C.	- Corrente contínua
CM	- Chave magnética
E, E _B , E _p	- Alta tensão da fonte
E _o	- Tensão inicial
E _c	- Tensão de polarização negativa
E _g	- Tensão de grade
E _p	- Tensão de placa
e _o	- Amplitude da tensão de um impulso
e	- Base neperiana
E%, e%	- Erro relativo porcentual
Fd	- Farad
FC	- Fotocélula
i	- Corrente instantânea
K _d	- Constante do disco
K _p	- Constante do padrão rotativo
k.Ω	- Quilo-ohms
M	- Medidor de energia elétrica
M.Ω	- Mega-ohms
mA	- Mili-ampères
N	- Número de revoluções
N _p	- Número de revoluções do padrão
N	- Lâmpada neon
N	- Neutro
p	- Potência instantânea
P	- Potência real
pFd	- Pico-farad
R	- Resistor
R _a	- Relé de arranque
R _p	- Relé de parada
R _g	- Resistor do circuito de grade

R_t	- Resistência total (eqüivalente)
RC, t'	- Constante de tempo
r_p	- Resistência interna de placa
RST	- Fases do circuito trifásico de entrada
Sw	- Interruptor, chave seletora ou botão
T	- Tríodo
T	- Tiratrônio
$t = t_2 - t_1$	- Intervalo de tempo em segundos
UVW	- Fases do circuito trifásico de saída
V	- Válvula
v	- Tensão instantânea
v	- Volts
W	- Watts
W_e	- Energia elétrica
W_L	- Energia lida no medidor
W_R	- Energia real
Δ	- Erro absoluto
Δt	- Tempo de duração de um impulso
μFd	- Micro-farad
μs	- Micro-segundos
Ω	- Ohms

+ + + + +
+ + +
+

I - PROLEGÔMENOS

1. - CONCEITOS BÁSICOS

A energia elétrica consumida por um circuito é expressa, sob forma geral, pela seguinte equação:

$$W_e = \int_{t_1}^{t_2} p \cdot dt$$

ou ainda:

$$W_e = \int_{t_1}^{t_2} v \cdot i \cdot dt$$

Portanto, o conhecimento dos diversos valores instantâneos, da tensão, da corrente (respectivamente v e i) e do intervalo de tempo $t_2 - t_1$, nos possibilita determinar o trabalho elétrico efetuado. A medida de energia elétrica consiste, pois, em dispormos de um instrumento que, além de nos proporcionar um resultado em função do produto vi , suposto constante no tempo dt , tenha capacidade de somar todos os valores de $vi \cdot dt$ no intervalo de tempo $t_2 - t_1$. Trata-se, pois, de um aparelho totalizador ou integralizador cujas designações mais correntes são: medidor de energia elétrica, medidor de wathoras, contador de quilowathoras, etc.

Se tomarmos a tensão em volts, a corrente em ampères e o tempo em segundos, a energia W_e será expressa em wattsegundos ou joules. Se alterarmos somente a unidade de tempo, do segundo para a hora, teremos o trabalho elétrico dado pelo wathora (3.600 joules). Contudo, é um múltiplo desta última unidade, denominada quilowathoras ($3,6 \times 10^6$ joules), a quantidade mais empregada.

Dentre todos os instrumentos, no campo das medições elétricas, é o contador, sob aspecto econômico, o aparelho mais importante, tanto pela quantidade mundialmente em uso, como por sua importância na exploração dos serviços elétricos de utilidade pública e privada. Realmente, a receita bruta das empresas de eletricidade e a despesa dos consumidores, são determinadas pelas indicações dos medidores, o que nos leva a um fato importante: a necessidade de uma medida de boa precisão, da energia despendida.

2. - MÉTODOS DE AFERIÇÃO

A aferição de contadores habituais implica na adoção de um dos dois processos seguintes:

- I) - Método do wattmetro.
- II) - Método do padrão rotativo.

O primeiro método consiste em medir pelo contador a energia consumida durante um tempo t e registrar, com auxílio de um wattmetro padrão, a potência de carga (P), que deve ser mantida constante durante o ensaio.

Obtido um certo número inteiro (N) de rotações do disco do medidor, a energia lida no instrumento será dada por:

$$W_L = K_d \cdot N \text{ wathoras}$$

onde K_d é a constante do disco em wathoras por revolução.

A energia real será dada por:

$$W_R = P \cdot t$$

Sendo t tomado em segundos, W_R será dado em wattsegundos.

O erro absoluto do medidor será:

$$\Delta = W_L - W_R = 3.600 K_d \cdot N - P \cdot t$$

e o erro relativo porcentual será expresso por:

$$e\% = \frac{3.600 K_d \cdot N - P \cdot t}{P \cdot t} 100$$

O segundo método emprega um padrão rotativo ligado, juntamente com o padrão a aferir, a uma determinada carga. A operação do ensaio consiste, basicamente, em se contar um determinado número inteiro de rotações do disco do instrumento em aferição. Teremos, então:

No medidor:

$$W_L = K_d \cdot N$$

No padrão rotativo:

$$W_R = K_p \cdot N_p$$

Por conseguinte, o erro relativo porcentual do medidor será:

$$e\% = \frac{N \cdot K_d - N_p \cdot K_p}{N_p \cdot K_p} 100$$

A utilização, de um dos dois processos acima, exige: no primeiro método, a disponibilidade de um wattmetro aferido, cujo erro deve ser inferior a 0,1 % no fim da escala e de um cronômetro permitindo leituras de 1/10 de segundo; no segundo método, a aplicação de um padrão rotativo.

A contagem manual de um certo número inteiro de revoluções do disco pode, em certos casos, ligada às condições de carga, dar origem a dificuldades. Realmente, a operação manual de desligamento do circuito, em conexão com a observação de um número inteiro de rotações, na hipótese de maiores velocidades periféricas do disco, torna-se difícil.

3. - AFERIÇÃO DE PADRÕES SECUNDÁRIOS

Os instrumentos acima mencionados, wattmetro, cronômetro e padrão positivo, devem ser periodicamente verificados, com o fim de tê-los certa certeza nos ensaios realizados. Con-

cluimos, portanto, que há a necessidade de aferições mais precisas, que implicam na determinação dos erros dos padrões mencionados na proposição anterior. Em última análise, há a necessidade de lançarmos mão de padrões primários, tais como: pilhas padrões, resistências padrões, potenciômetros, relógio de pêndulo e outros dispositivos de alta precisão.

De acordo com as recomendações da ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, sobre ensaios de medidores elétricos monofásicos - MB-114 - são considerados padrões primários os dispositivos seguintes:

- Pilhas padrões (Normal Weston Cell, 1,0183 Int. volts a 20 °C)
- Potenciômetro
- Resistências padrões
- Divisores de tensão
- Relógio de quartzo
- Relógio de pêndulo

São considerados padrões secundários os dispositivos seguintes:

- Voltmetros
 - Milivoltmetros
 - Amperômetros
 - Wattmetros
 - Diapasão elétrico
 - Cronômetros
- } Com erro inferior a 0,1 % no fim da escala.

Depreende-se, portanto, que um trabalho completo no campo das aferições precisas dos medidores de energia elétrica, envolve uma cadeia de ensaios, cujo elo inicial consiste em medir tensões e correntes com o auxílio de pilhas e resistências padrões.

As diversas etapas, que deverão ser percorridas para a realização desses ensaios, podem ser discriminadas da seguinte forma:

- I) - Aferições com padrões primários - Potenciômetros, divisores de tensão, pilhas e resistências padrões - Os quais nos possibilitam cotejar voltmetros, amperômetros e principalmente, wattmetros (instrumentos do tipo eletro-di-

namométricos com erro inferior a 0,1 % no fim da escala). Em paralelo, com essas determinações, deverão ser comparados os cronômetros, com o relógio de pêndulo ou de quartzo.

II) - Aferições com padrões secundários - Voltmetro, amperômetro e wattmetro, os quais nos possibilitam:

- 1) - Em junção com um relógio de pêndulo ou equivalente, conferir padrões rotativos portáteis;
- 2) - Em junção com um cronômetro, conferir diretamente medidores de energia.

III) - Aferições com padrões rotativos portáteis - Para ajustar medidores correntes em unidades ou grupos.

4. - EQUIPAMENTO AUXILIAR

Devemos ressaltar ainda que, além dos instrumentos acima mencionados, o laboratório deverá possuir equipamento auxiliar, constituído de:

A) - Carga fictícia com dispositivo para desvio de fase -

- Os ensaios de medidores requerem o emprego de circuitos auxiliares capazes de proporcionar diversas condições de cargas e fatores de potência. Sendo, portanto, conveniente e muitas vezes necessário o uso de circuitos independentes para a bobina de tensão e a de corrente. As vantagens resultantes de um tal arranjo são principalmente: pequena energia de consumo na aferição de medidores de grande capacidade, que exigiriam normalmente para o teste de carga nominal aparelhos amplos e incômo-

dos, capazes de dissipar grandes potências; não haver necessidade de levar em conta as perdas de potência no elemento de tensão ou corrente dos instrumentos que estão sendo comparados; ainda, a grande flexibilidade de variarmos independentemente, dentro de extensos limites, os ajustes da tensão, corrente e fator de potência. Uma das formas mais correntes para o ajuste do fator de potência é a que utiliza o transformador de Drysdale.

B) - Fonte de energia estabilizada - Tanto as aferições com padrões primários, como com secundários, exigem o emprego de fonte estabilizada, isto é, durante o período de ensaio a tensão e a corrente devem se manter fixas de tal forma que a potência medida sofra a menor variação possível. Assim, no processo do wattmetro, a variação máxima permissível da potência, durante o ensaio, é de 0,2 %.

C) - Dispositivos auxiliares de controle automático -

- Para que os ensaios se tornem independentes dos erros devidos ao operador, é necessário que a técnica de aferição seja regida por controle automático. Entre os diversos meios que a técnica moderna emprega, podemos lembrar o acionamento automático, do conjunto sob comparação, para um número inteiro de rotações do disco do medidor. Como exemplo, para o fim mencionado na posição anterior, podemos lembrar o equipamento foto-elétrico da General Electric, para testar, com o qual o autor teve oportunidade de operar no Instituto de Eletrotécnica de S. Paulo.

Por outro lado, a operação manual dos cronômetros, ligada às reações humanas, podem nos dar precisões da ordem de 1 % em medições de 100 segundos de intervalo e erros proporcionalmente maiores para períodos mais curtos de tempo. O exposto nos leva a crer, imediatamente, na necessidade de um comando automático do

tempo, tal como, por exemplo, um arranjo para o acionamento eletro-magnético.

5. - CONSEQUÊNCIAS BÁSICAS INICIAIS

Vemos, portanto, que o exame completo do problema de aferição implica, sob uma forma genérica, na:

- 1) - Medição de quantidades elétricas.
- 2) - Determinação de revoluções.
- 3) - Medição de tempo.

O laboratório do Instituto de Eletrotécnica pertencente à Escola de Engenharia da Universidade do Rio Grande do Sul dispõe de recursos, em aparelhos, para a medição de quantidades elétricas, tais como: pilhas e resistências padrões, potenciômetros, divisores de tensão, voltmetros, amperômetros, wattmetros e padrões rotativos portáteis.

Além dos instrumentos mencionados, foi recentemente montada, sob a nossa orientação, uma estação de aferição com capacidade para comparar, simultaneamente, 10 medidores de energia ativa ou reativa, monofásicos ou trifásicos, de 3 ou 4 fios, até 600 volts e 50 ampères; ou, alternativamente, três medidores até 600 volts e 100 ampères. O conjunto é compreendido por:

- Banco de aferição - Cujas características preponderante é possuir o circuito de tensão independente do de corrente, tendo amplos limites de variação da carga e do fator de potência (ver diagrama D).
- Um grupo conversor - Constituído de um motor trifásico acoplado mecânicamente a um gerador de corrente contínua.
- Um estabilizador de tensão eletrônico - Que atua sobre o sistema de corrente contínua, mantendo a tensão constante, dentro de uma precisão de 0,1 %.

- Um grupo conversor - Constituído de um motor de corrente contínua, acoplado, mecânicamente, a um gerador trifásico. Esse grupo recebe energia sob forma de corrente contínua, com tensão estabilizada, entregando corrente alternativa trifásica, ao banco de aferição.

Esta estação de aferição encontra-se esquematizada no diagrama C. O banco de aferição possui três wattmetros, um para cada fase do sistema, com precisão de 0,15 %. Estes instrumentos nos dão a indicação da potência circulante nos medidores submetidos ao ensaio de aferição. O equipamento de medição de tempo e de dispositivos auxiliares de controle automático não estão incluídos na estação de aferição, motivo pelo qual lembrou-se o autor de projetar e construir esses aparelhos.

Realmente foi nosso pensamento inicial construir um aparelho para medição de tempo, o qual acionaria automaticamente o equipamento sob ensaio (durante um intervalo de tempo perfeitamente conhecido). Tal dispositivo nos permitiria aferir padrões rotativos se a precisão obtida fôsse satisfatória. Com a evolução do trabalho, chegamos à conclusão de que o mesmo aparelho com alguns circuitos complementares, nos permitiria o acionamento automático do banco de aferição, para um número inteiro de rotações do disco de um dado contador.

A consideração de todos os elementos, acima abordados, nesta introdução, nos levou a projetar e executar um aparelho que tentasse resolver o problema da medição de tempo, em qualquer grau de exatidão, quer em conexão com aferições com padrões primários, quer com secundários ou terciários. Por outro lado, complementarmente, ainda nos desse, de uma forma eficiente, o comando automático da mesa, subordinado a um determinado número inteiro de revoluções.

Esse instrumento, com tais características, foi por nós chamado de RELÉ CRONOFOTOTAQUIMETRICO ou, mais simplesmente de CRONOFOTOTAQUÍMETRO.

II - GENERALIDADES

1. - ORIENTAÇÃO DO PROBLEMA

O acionamento automático do medidor (M), durante um intervalo de tempo definido, pode ser conseguido com a operação de uma chave eletromagnética (CM), montada no circuito da bobina de tensão. A bobina de corrente normalmente permanece ligada, pois, o movimento do disco só se verifica quando a bobina de tensão estiver energizada. Outrossim, o circuito de tensão exige sempre baixa corrente, o que simplifica o problema mecânico do interruptor (Figura II-1).

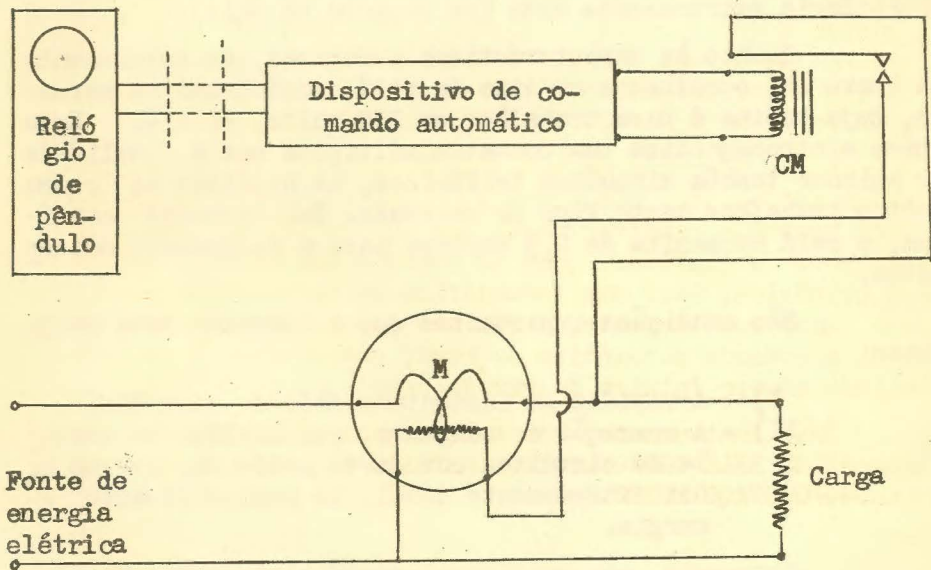


Figura II-1

A chave CM será comandada por um circuito controlado pelo relógio pêndulo (ou aparelhagem equivalente). A elaboração do circuito do dispositivo de comando automático dependerá:

- 1) - Da natureza e tipo de contato do interruptor montado no relógio;
- 2) - Das características elétricas de funcionamento da bobina da chave CM.

Habitualmente os contatos elétricos do relógio permitem a passagem de uma corrente muito débil (da ordem dos mi liampères). Além do exposto, no presente caso, o relógio pêndulo instalado no Observatório Astronômico da Escola de Engenharia tem os mesmos contatos interligados com o cronógrafo comparador (a pêndula ROSAT é comparada diariamente com os si nais horários emitidos por observatórios internacionais) e o sistema de emissão do sinal, pela Estação de Rádio da Universidade do Rio Grande do Sul. Portanto, com a finalidade de ga rantir o funcionamento dos demais sistemas, o circuito de entrada, do dispositivo de comando automático, deverá ter uma resistência extremamente alta (um megohm ou mais).

Quanto às características elétricas, de acionamento da chave CM, escolhemos um tipo de relé, encontrado no mercado, cuja bobina é para trabalhar em 220 volts, 50 c/s. Esta chave eletromagnética tem contatos múltiplos com a finalidade de acionar também circuitos trifásicos, na hipótese de serem feitos trabalhos neste tipo de corrente. Sob corrente contínua, o relé necessita de 0,3 ampères para o fechamento dos con tatos.

São condições importantes que o aparelho deve satis fazer:

- I) - A rapidez ou instantaneidade no controle.
- II) - A operação do conjunto, que implica no contrô le de circuitos com certa potência, por um si nal extremamente débil, de insignificante e nergia.

Outrossim, são condições secundárias: Alta eficiência de operação, compactidade e funcionamento silencioso.

Dado o exposto, dentro da prática mais recente no campo das medidas elétricas, escolhemos a técnica de impulsos, no setor da eletrônica, como meio auxiliar para projetar e construir grande parte de nossa aparelhagem. Realmente, pensamos ser esta solução adotada a única capaz de atender todos os requisitos acima apontados.

2. - TENTATIVAS E SOLUÇÕES ADOTADAS

Num intervalo de um minuto, a pêndula Rosat, do Observatório Astronômico, fecha quatro vezes os seus contatos, na seguinte seqüência: -

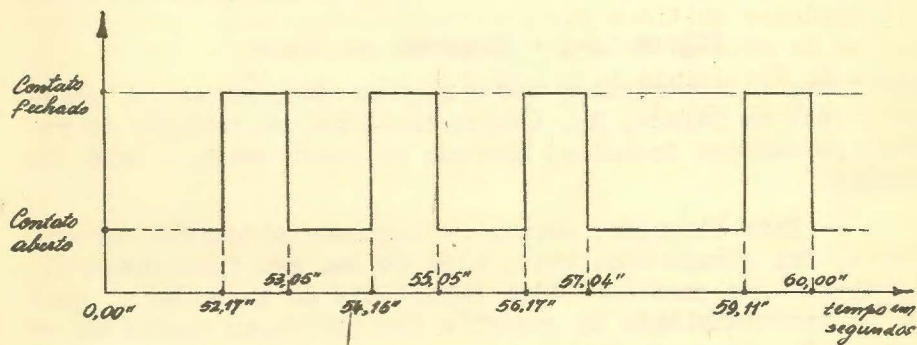


Figura II-2

Como desejamos tão-somente um impulso em cada minuto, lembramo-nos de projetar um discriminador, de forma a dar um sinal no ponto correspondente ao primeiro contato (segundo 52,17).

Esse sinal, que se repetiria em cada minuto, engatilharia uma tiratrônio capaz de movimentar um relé eletromagnético. Teríamos, então, um circuito em bloco de acordo com a figura II-3.

O relé intermediário, R_1 , sob o primeiro impulso, acionaria o fechamento do relé de arranque, R_a , (desligando ao

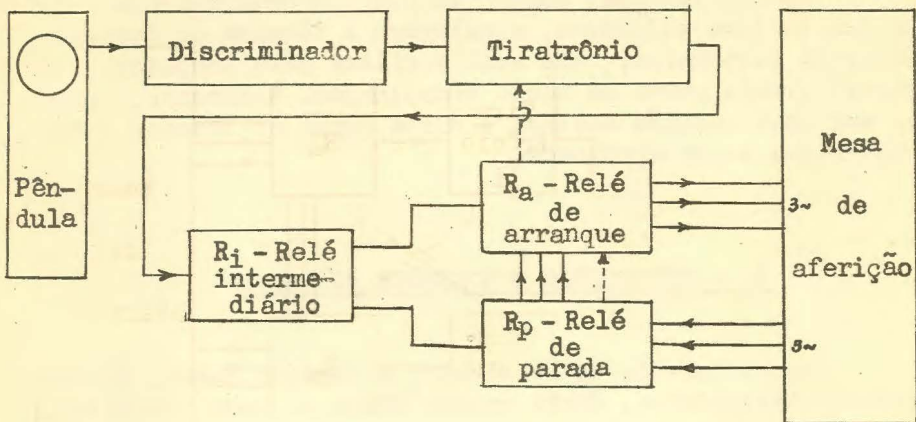


Figura II-3 - Diagrama em bloco

mesmo tempo a tiratrônio); sob o segundo impulso seria acionado o relé de parada, R_p , (cujos contatos, na posição de repouso, permanecem fechados) abrindo ao mesmo tempo o relé de arranque.

Este circuito, depois de algumas tentativas experimentais, foi abandonado, pois, além de seu mau funcionamento, prejudicava uma característica importante do aparelho, qual seja a instantaneidade de controle (muitas peças mecânicas em movimento).

Uma segunda solução foi o emprêgo de um monovibrador bi-estável, o qual acionaria alternativamente duas tiratrônios, uma para cada relé (de arranque e de parada), mostra da no diagrama em bloco da figura II-4.

Se nos dois relés o retardo de acionamento fôr o mesmo, o intervalo de tempo será ainda o correto (um minuto no presente caso).

Este circuito foi montado e experimentado, apresentando péssimos resultados. Verificamos, com o auxílio de um osciloscópio de raios catódicos, que a causa do mau comportamento residia no acoplamento direto entre os estágios do monovibrador e do circuito das tiratrônios.

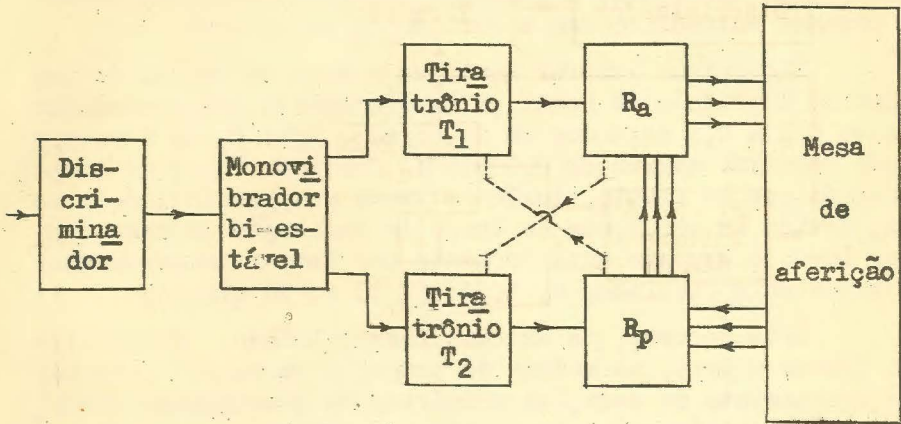


Figura II-4

No momento de ignição das válvulas T_1 e T_2 , surgia, sobre o circuito de grade, um feixe de impulsos, de origem transitória, que atuava retroativamente sobre o monovibrador. Esse efeito desagradável foi contornado com o auxílio de etapas separadoras (Figura II-5).

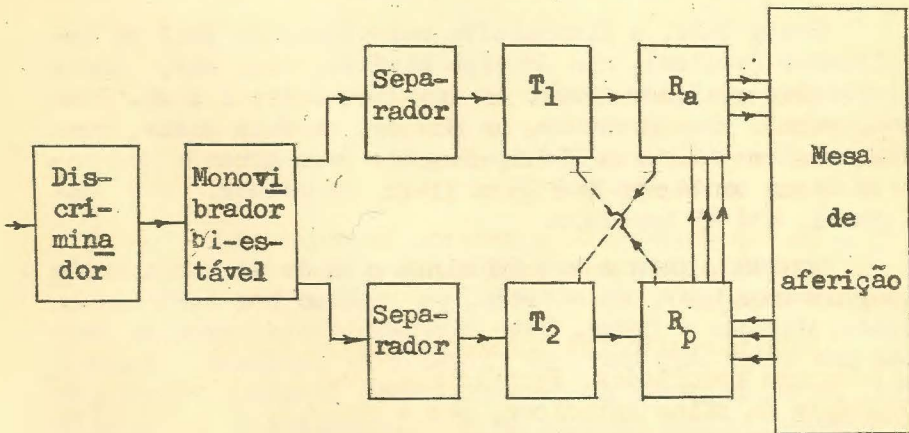


Figura II-5

Este último arranjo, apresentado em bloco, funcionou em ótimas condições; contudo nos proporcionava tão-somente o comando automático com a duração de um minuto.

É oportuno lembrar aqui que o erro na medida de tempo, devido à pêndula de Rosat, é completamente desprezível (da ordem de 0,1 a 0,3 segundos em 24 horas), isto é, um erro percentual relativo máximo de 0,00035 %. Com intervalos de tempo maiores do que um minuto, teríamos erros proporcionalmente menores, devido às variações no tempo de resolução do nosso aparelho. Logo, o exposto anteriormente nos leva a pensar em usar em ensaios mais precisos, 2, 3, 4, 5, 10 ou 20 minutos.

Este recurso, de extrema flexibilidade, possibilitando trazer o erro, na medida do tempo, a um valor inferior ao do equipamento de medições primárias de quantidades elétricas (padrões primários) é de grande importância.

Uma vez que recebemos do discriminador um impulso por minuto, deveríamos, com o primeiro, acionar o relé de arranque e rejeitar, os seguintes $n-1$ impulsos, para uma determinação com o intervalo de n minutos.

Esta etapa intermediária do nosso equipamento deverá ser constituída de aparelhagem puramente elétrica ou eletrônica, pois, dentro da precisão que desejamos trabalhar, não deveremos empregar peças mecânicas móveis.

Neste caso, o dispositivo mais adequado será um demultiplicador (scaler), não do tipo binário, mas, sim, capaz de interceptar qualquer número de impulsos entre 2 e 20. Projetemos, para o caso presente, um scaler, em dois anéis, tendo cada um cinco válvulas ("flip-flop"). Esse arranjo nos possibilita fazer contagens até 25 minutos, ou melhor, sob uma forma geral, até 25 impulsos.

Contudo, para o bom funcionamento de um circuito deste tipo, devemos usar, na entrada, um impulso bem definido em amplitude, duração e forma. Este raciocínio nos levou ao projeto de uma etapa auxiliar, um formador de impulsos (monovibrador), capaz de gerar preferencialmente impulsos rápidos, de curta duração (poucas dezenas de micro-segundos). A solução apresentada traria a vantagem suplementar de podermos usar componentes de baixo valor (com reduzido tamanho), uma vez que, normalmente, um scaler requer o emprego de um grande

número de resistores e capacitores.

Desta forma, a nova configuração tomada pelo conjunto é a dada na figura II-6.

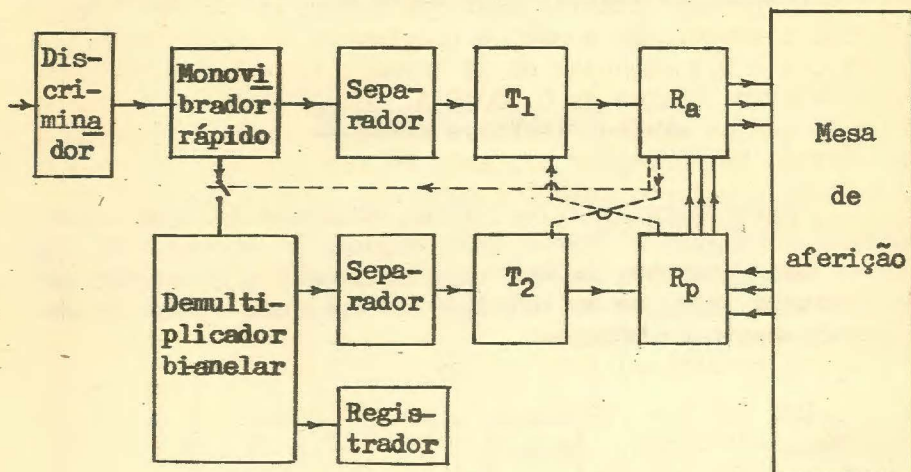


Figura II-6

Junto ao demultiplicador bi-anelar, projetamos um registrador eletromecânico, com a finalidade de nos proporcionar indicação direta do intervalo de tempo ocupado pelo ensaio.

Nestas condições o aparelho por nós idealizado faria operar o banco de aferição entre dois impulsos consecutivos, ou, entre o primeiro e um impulso qualquer, desde o segundo até o vigésimo quinto. Por extensão raciocinamos que, se cada revolução de um medidor desse origem a um impulso, poderíamos realizar a operação automática do banco para um número de rotações qualquer, completas, entre uma e vinte e cinco. Hipótese esta, em que a entrada do aparelho seria constituída de uma fotocélula com seu respectivo amplificador, cujos impulsos acionariam o monovibrador rápido.

Constituiria, então, este artifício, em termos uma fonte de luz, um pequeno espelho montado sobre o eixo do medidor de energia e uma fotocélula que receberia, em cada revolução do disco, um jato de luz.

Nesta aplicação poderíamos contar o tempo com o auxílio de um cronômetro que permitiria leituras de 0,1 segundos. Dado o exposto, montamos um cronômetro com acionamento eletromagnético, comandado diretamente pelos relés R_a e R_p .

3. - DIAGRAMA DEFINITIVO

Desta associação de idéias, chegamos à forma aproximadamente definitiva tomada pelo esquema do contador de tempo ou de número de revoluções, cuja aplicação é de servir como equipamento auxiliar na aferição de qualquer classe de medidores de energia elétrica.

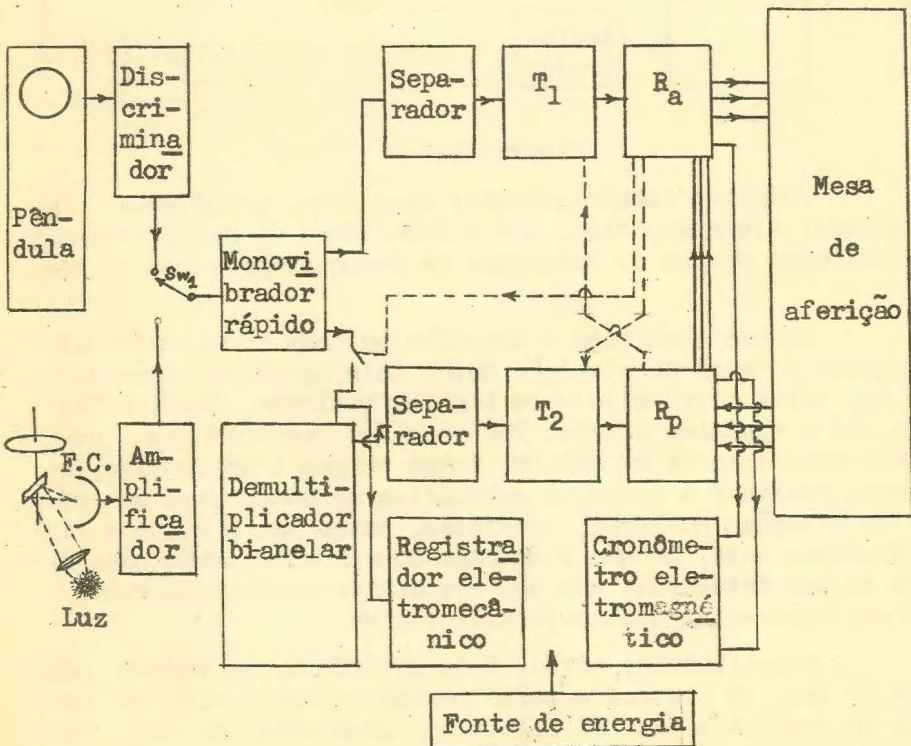


Figura II-7

O diagrama em bloco, resultante das ponderações acima, é esboçado na figura II-7.

Na circunstância em que o aparelho faça o cômputo de revoluções, o registrador eletromecânico será um indicador de rotações.

Na elaboração dos circuitos parciais, bem como no agrupamento das etapas, encontramos sérios obstáculos que demandaram um estudo acurado e uma experimentação completa e exaustiva. Felizmente, com o auxílio de um osciloscópio de raios catódicos, principal ferramenta do nosso trabalho, e de um gerador de impulsos, conseguimos contornar e resolver, de uma forma bastante satisfatória, todos os inconvenientes que iam surgindo com o avanço da execução do cronofototaquímetro.

Os circuitos desenhados e experimentados foram sempre submetidos a considerações, tais como:

- O emprêgo de menor número de componentes (válvulas, resistores, capacitores, indutores, etc.).
- Funcionamento com pequeno consumo de energia.
- Operação com baixos níveis de correntes, assegurando um funcionamento brando, prolongado (boa continuidade) e de longa duração para todos os componentes.
- Alto grau de estabilidade operacional - garantido pela organização criteriosa de cada etapa parcial e que independessem o mais possível das variações da alta tensão (energia de suprimento).
- Circuitos com elaboração estética, isto é, que além de apresentarem um bom funcionamento, ainda, sob o ponto de vista elétrico, fôssem elegantes.

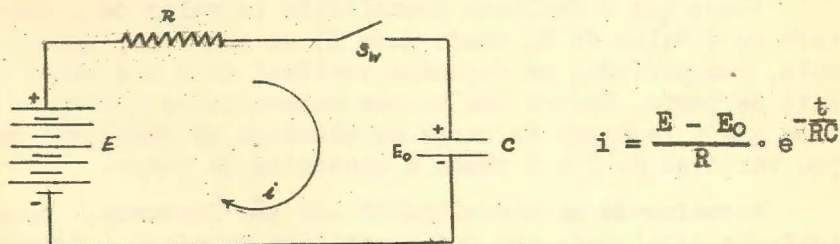
+ + + +
+ + +
+ +

III - CIRCUITOS PARCIAIS

1. - DISCRIMINADOR

De acôrdo com a figura II-2, a entrada do discriminador é constituída de quatro sinais em cada minuto, motivo pelo qual pensamos num circuito cujo fenômeno básico seria a descarga de um capacitor. Assim sendo, no segundo 52,17 haveria uma brusca descarga do capacitor, a qual daria origem a um impulso negativo. O recarregamento seria lento, com tempo muito superior ao intervalo dos contatos subseqüentes da pêndula, na ordem dos 15 a 30 segundos. Teríamos, então, um impulso inicial de regular amplitude, seguido de outros três, bem menores, que poderiam ser convenientemente rejeitados.

O fenômeno transitório de carga e descarga, medido em tempo, de circuitos RC simples e lineares, é dado pela constante de tempo (produto RC, cuja dimensão é a do tempo). Exemplifiquemos melhor com a figura III-1:



$$i = \frac{E - E_0}{R} \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

Figura III-1

A equação junto à figura III-1 é a expressão da corrente i , que circula na malha, após t segundos do fechamento do interruptor S_w ; E é a tensão da fonte; E_0 a tensão no capacitor, devido a uma carga pré-existente; R - resistência total do circuito e e base neperiana (igual 2,7183).

Por outro lado, as placas do capacitor, depois do tempo t , adquirem uma nova diferença de potencial dada por:

$$E_c = E_0 + (E - E_0) \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)$$

O exposto pode ser traduzido, gráficamente, conforme mostramos na figura III-2.

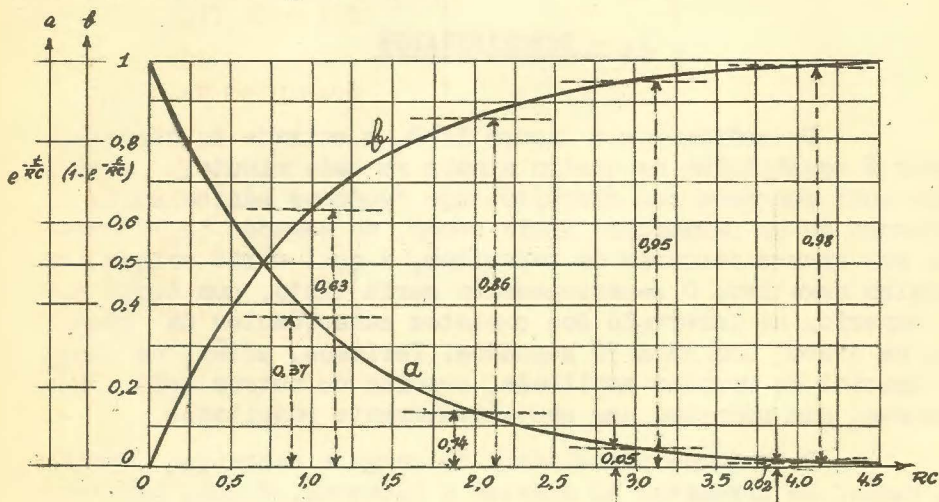


Figura III-2

Vemos que o fenômeno transitório (o valor de i tende a zero ou o valor de E_c tende para E) se completa, aproximadamente, num período, em segundos, variável de 3 a 4 vezes a constante de tempo. Dentro das nossas necessidades práticas, admitimos que o fenômeno de carga ou descarga se complete em um lapso variável de 2 a 3 vezes a constante de tempo.

Normalmente os circuitos RC não são lineares, pois a resistência total pode ser uma quantidade variável, dependendo das correntes e tensões em jogo. É esta hipótese o caso em que o interruptor acima mencionado é substituído por um dispositivo eletrônico, tal como uma válvula ou um semicondutor. As soluções analíticas, onde entram resistências não lineares, para a determinação das características de tensão e corrente, exigem o manuseio com séries de Fourier e equações diferenciais. Contudo, na prática, os experimentos no labora-

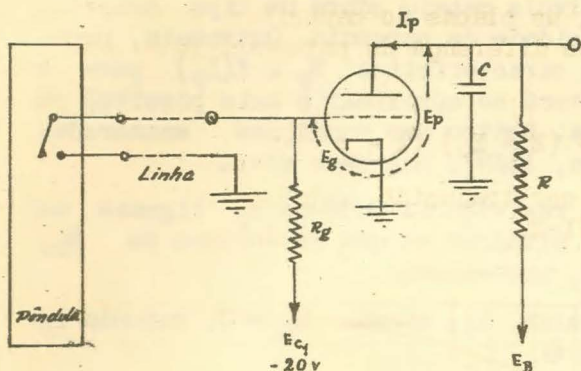


Figura III-3

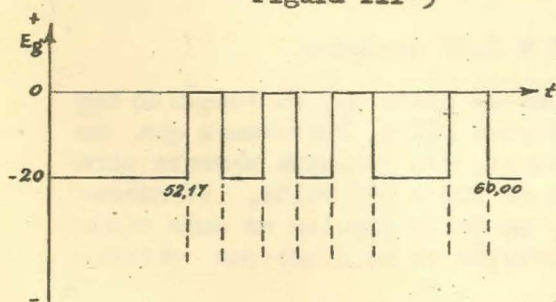


Figura III-4

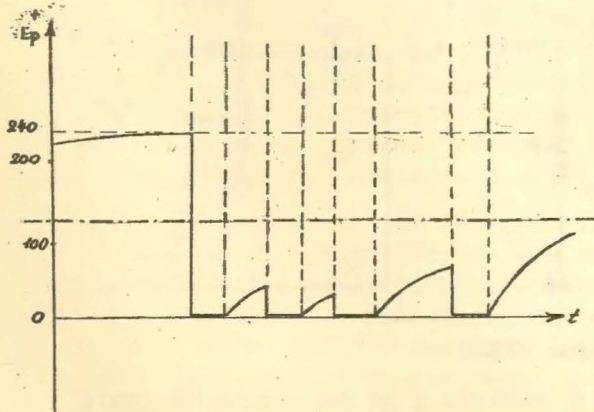


Figura III-5

tório, nos dão resultados muito mais imediatos e mais simples que nos orientam no caminho almejado.

O primeiro circuito experimental foi o da figura III-3.

Admitamos seguintes valores:

$$R_g = 1,5 \text{ M}\Omega$$

$$C = 2 \mu\text{Fd}$$

$$R = 2,5 \text{ M}\Omega$$

se a tensão de placa for de 240 volts e $E_g = 0$, teremos uma corrente anódica de 80 mA (o que representa uma resistência interna $r_p = 3 \text{ k}\Omega$).

Uma análise destituída de rigorismo, mas suficiente para nos dar uma idéia das grandezas em jogo, indica-nos que o tempo t de carregamento do capacitor C , quando a válvula não conduz ($E_g = -20 \text{ v.}$), será:

$$\begin{aligned} t' &= R \times C = \\ &= 2,5 \cdot 10^6 \times 2 \cdot 10^{-6} = \\ &= 5 \text{ segundos} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t &\approx 3 \times t' \approx \\ &\approx 15 \text{ segundos} \end{aligned}$$

A escolha da válvula recaiu sobre um tipo moderno, miniatura, com certa capacidade de corrente. Outrossim, preocupamo-nos em verificar a característica $E_p = f(I_p)$ para a curva $E_g = 0$, a qual deverá se aproximar o mais possível de uma configuração retilínea. Dentro das condições enumeradas encontramos o duplo triódo, 12AU7, com base noval.

Para diminuir a resistência interna r_p ligamos as duas secções em paralelo, situação em que os valores de E_p , E_g e I_g , acima enumerados, prevalecem.

O tempo de descarga, t_1 , quando $E_g = 0$, supondo r_p aproximadamente constante é:

$$t_1' = r_p \cdot C = 3 \cdot 10^3 \times 2 \cdot 10^{-6} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ segundos}$$

$$t_1 \approx 6 \cdot 10^{-3} \times 3 \approx 0,02 \text{ segundos}$$

As variações da tensão de placa E_p , em função do tempo, serão representadas pela figura III-5. Observamos que se dispormos de um circuito adicional, com resposta somente para impulsos de magnitude superior de 100 a 150 volts, atenderemos a nossa pretensão, isto é, um único impulso em cada minuto. A solução é dada pela utilização de um diodo com polarização adequada, figura III-6.

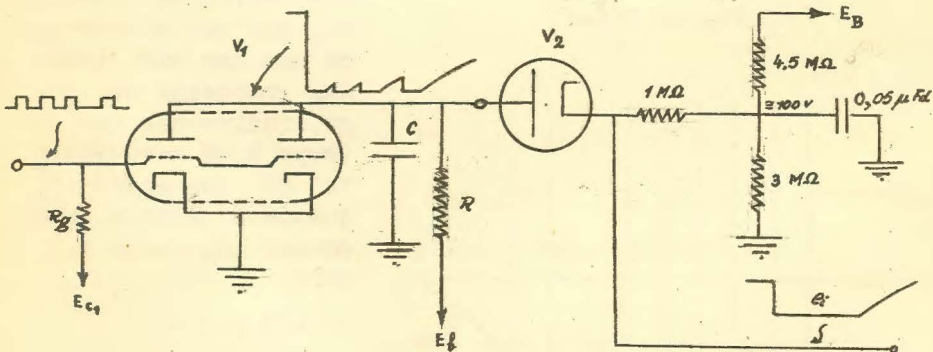


Figura III-6

O cátodo do diodo é elevado a um potencial de mais ou menos 100 v., portanto, somente os sinais com potencial acima deste valor dão origem a um sinal através de V_2 . O expos

to pode ser representado pela linha tracejada (-----) no diagrama da figura III-5.

Para complementar esta etapa (Figura III-7), agregamos um circuito diferenciador, o qual nos entrega, na saída, um impulso regular e de relativamente curta duração.

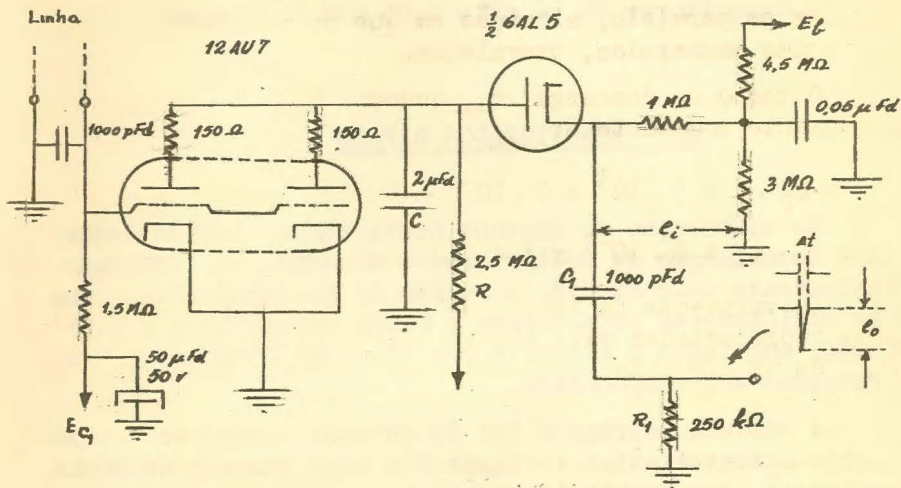


Figura III-7

Na saída do estágio, o tempo de duração Δt e a amplitude e_0 do impulso são regidos pelo circuito diferenciador $R_1 C_1$. Assim:

$$\Delta t' \cong R_1 \cdot C_1 = 250 \cdot 10^3 \times 1.000 \cdot 10^{-12} = 250 \cdot 10^{-6} = 250 \mu \text{seg}$$

$$\Delta t \cong 3 \cdot 250 = 750 \mu \text{seg}$$

A amplitude do sinal pode ser determinada pela equação analítica:

$$e_0 \cong R_1 C_1 \frac{de_i}{dt}$$

no entanto, preferimos medi-la, diretamente, com o osciloscópio constatando ser a mesma de uns poucos volts.

No esquema final (Figura III-7) vemos alguns componentes de função secundária, tais como:

- Capacitor de 1000 pF na entrada do circuito: Tem a finalidade de filtrar possíveis sinais de maior frequência, induzidos na linha que vai ao Observatório Astronômico.
- Resistores de 150 Ω nas placas das 12AU7: Melhorar a distribuição da corrente entre as duas seções da válvula.
- Capacitores de 50 μ F e 0,05 μ F: Filtragem.

2. - MONOVIBRADOR RÁPIDO

Na elaboração do desenho desta etapa, também conhecida pela denominação de multivibrador monocíclico, lembramos basicamente no conhecido circuito de Eccles-Jordan. Com pequenas modificações para tornar a etapa monoestável e auto-polarizada, ensaiamos o circuito com diversos arranjos e valores variados dos componentes.

A válvula empregada foi de antemão fixada no tipo 12AT7, cuja característica invulgar é a alta transcondutância (g_m) em relação aos demais tipos ao nosso alcance, sendo ainda freqüentemente empregada na técnica de impulsos.

A disposição e os valores dos componentes estão indicados na figura III-8.

A operação mais estável do monovibrador, após diversas experiências, se verificou para um engatilhamento por impulso positivo e aplicado na placa condutora (pino 1).

A largura do impulso, isto é, o tempo de duração de um ciclo do sinal gerado, está condicionado praticamente aos componentes R e C. Teremos, então:

$$t' = R \cdot C = 100 \cdot 10^3 \times 50 \cdot 10^{-12} = 50 \cdot 10^{-7} = 5 \cdot 10^{-6}$$

$$t \approx 3 \times 5 = 15 \mu \text{ segundos}$$

Contudo, as quantidades que realmente entram na expressão da constante de tempo, são maiores, tanto no que se refere à resistência como na capacidade em jôgo. No valor de R precisam ser incluídos as resistências de placa (20 e 5 k);

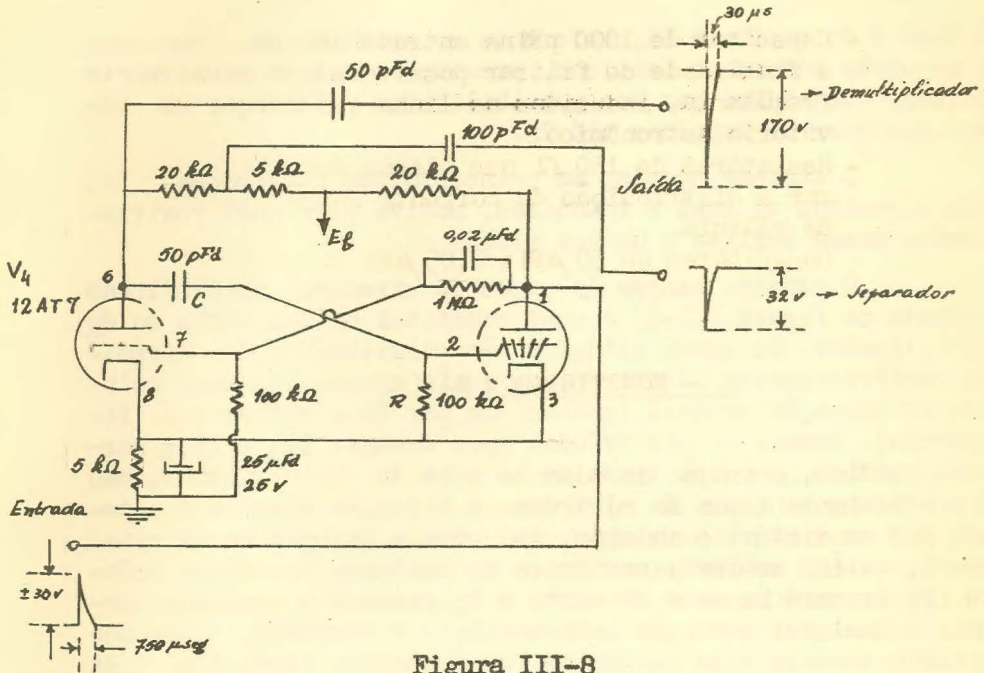


Figura III-8

no valor de C devem ser incluídas certas capacidades parasitas. Medido o impulso com o osciloscópio verificamos sera a largura real, da ordem de 30 micro-segundos.

Como o impulso gerado é extremamente rápido em relação ao sinal de engatilhamento, foi necessário colocar o capacitor de $0,02 \mu F$ em paralelo com o resistor de $1 M\Omega$. Caso contrário, um sinal, como o da ordem de 750 micro-segundos de largura, dá origem a uma oscilação dupla.

Sendo os impulsos gerados estáveis em amplitude, duração e forma, julgamos podermos acionar os estágios subsequentes do aparelho, com elevado grau de regularidade. O dito, na sentença anterior, foi plenamente confirmado por ocasião dos nossos experimentos finais.

3. - DEMULTIPLICADOR BIANELAR

Tendo em conta as considerações preliminares feitas

no item 2 do capítulo II, referente ao problema de contagem de um certo número de impulsos, preocupámo-nos em construir um contador eletrônico que nos possibilitasse diferenciar um número qualquer de impulsos até 25.

O sistema consta, em princípio, da utilização de dois circuitos em anel e idênticos, motivo pelo qual restringiremos nossa análise a um dos elos.

O projeto nasceu do exame do circuito simplificado esboçado na figura III-9, o qual constitui um dos anéis do de multiplicador. Os cinco estágios são constituídos de circuitos multivibradores idênticos, os quais apresentam duas soluções de operação estável (conhecidos por este motivo por bi-estáveis). Quando um dos tríodos (por exemplo T_1) conduz corrente anódica, o outro trabalha na zona de corte, isto é, não há praticamente fluxo de eletrons. A situação somente é alterada por um distúrbio externo, tal como a injeção de um sinal. Poderá, então, sobrevir uma troca na condução dos dois tríodos (T_1 operará na zona de corte e T_2 passará a conduzir corrente). Qualquer condição intermediária é instável, havendo portanto somente dois pontos de funcionamento perdurável do monovibrador. O exposto encontra tratamento completo na obra de Von Tersch e Swago (ver bibliografia no fim do presente trabalho).

O desenho de um dos estágios, obedeceu, como no caso do monovibrador rápido, ao circuito de Eccles-Jordan, sendo utilizado, ainda, a válvula 12AT7. Foi nosso pensamento em pregar o maior número de válvulas iguais (sem, contudo, prejudicar as propriedades funcionais das diversas partes) tendo em mente uma fácil conservação. Com as características operacionais da válvula determinamos os valores aproximados dos diversos componentes, os quais nos possibilitaram a realização de diversas tentativas práticas. O trabalho evoluiu para o circuito esboçado na figura III-10.

Como as grades oferecem uma impedância relativamente baixa (menor do que $25\text{ k}\Omega$) para o sinal de entrada, realizamos uma tentativa com componentes resistivos de valores mais altos ($R_{g1} = R_{g2} \approx 300\text{ k}\Omega$). O novo circuito funcionou relativamente bem; contudo suas características operacionais eram muito inferiores ao do da figura III-10. Realmente basta

Entrada

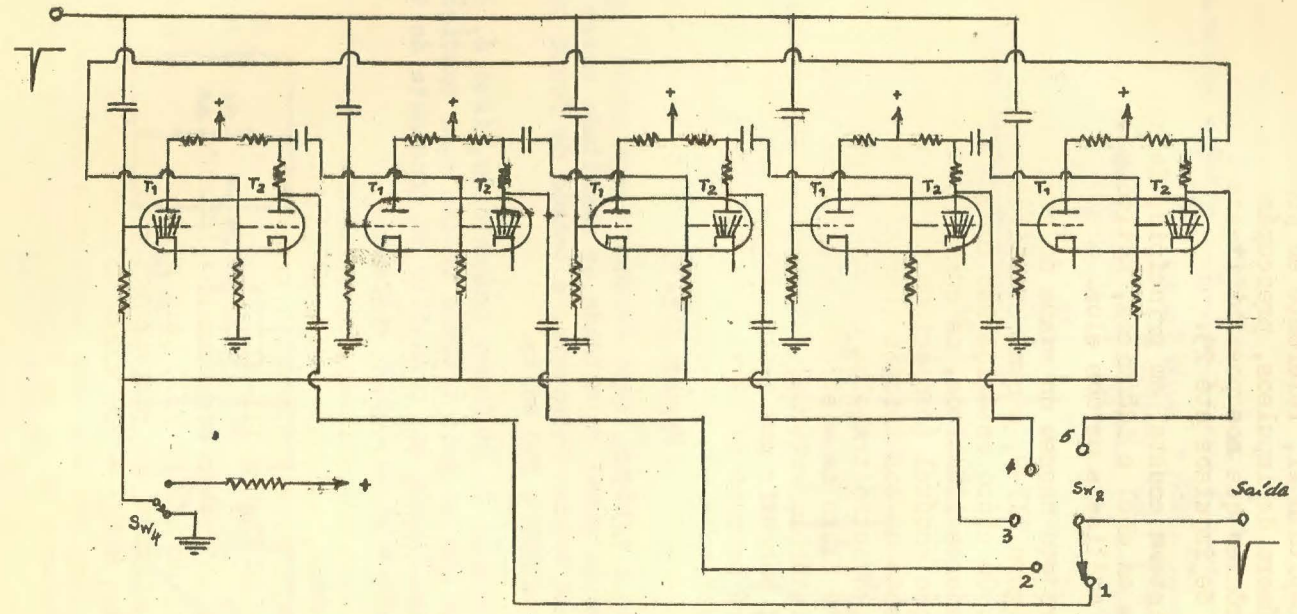


Figura III-9

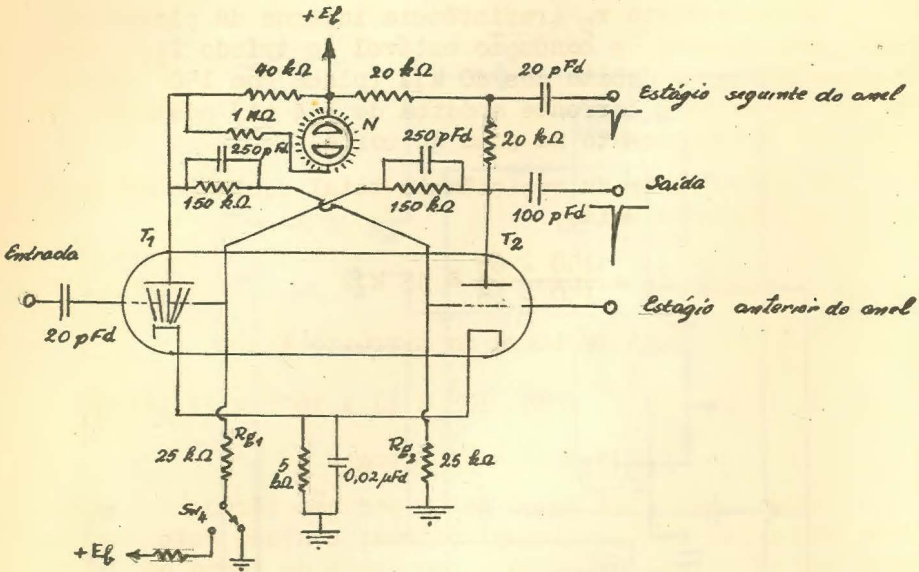


Figura III-10

lembrarmos que o estágio, cujo desenho damos anexo, opera perfeitamente com um sinal de entrada de magnitude entre um e várias dezenas de volts. Outrossim, a tensão de fonte pode ser qualquer, entre 200 e 250 volts.

A duração do fenômeno transitório, isto é, do período instável em que os dois tríodos trocam suas condições de operação, é verificada com o auxílio da constante de tempo do circuito equivalente da figura III-11.

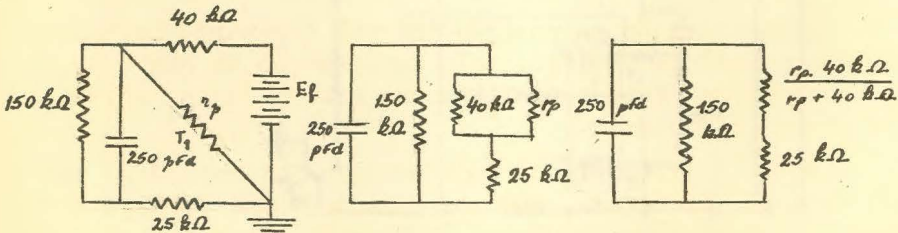


Figura III-11

A resistência r_p (resistência interna da placa) não é linear, mas durante a condução estável do tríodo T_1 , seu valor encontra-se na órbita dos 40 k Ω (placa com 150 volts, cátodo com 20 volts e corrente anódica de 3,4 mA) passando ao infinito com funcionamento na zona de corte.

O maior valor da resistência total equivalente é para $r_p = \infty$; teremos então:

$$R_t = \frac{150 \cdot 65}{150 + 65} \approx 45 \text{ k}\Omega$$

E a constante de tempo do circuito é:

$$t' = C \cdot R_t = 250 \cdot 10^{-12} \times 45 \cdot 10^3 \approx 11 \times 10^{-6} = 11 \mu\text{seg}$$

$$t \approx 3 \times 11 = 33 \mu\text{seg}$$

Este valor é um pouco maior por não termos levado em conta as capacidades intereletródicas; contudo deve estar na ordem dos 40 μ seg. Julgamos a constante de tempo do circuito perfeitamente satisfatória, pois a largura do impulso (40 micro-segundos) é próxima ao valor encontrado no monovibrador rápido.

O fenômeno em cadeia, num anel, se processa pela ação simultânea de um impulso negativo sobre as grades dos tríodos T_1 dos cinco estágios (figura III-9). Este sinal somente encontrará um tríodo T_1 conduzindo corrente, sobre o qual atuará, desencadeando a troca nos dois tríodos. O tríodo T_2 passa a conduzir corrente gerando-se na placa do mesmo um impulso negativo, responsável pelo funcionamento do estágio seguinte. Após estas providências, o anel está apto a receber um novo impulso externo.

A recolocação na posição inicial ("reset") de todos os tríodos do anel se verifica pela manipulação da chave Sw_4 , a qual sobrepõe uma tensão positiva nas grades cujos tríodos deverão passar a conduzir.

Sobre o tríodo T_1 de cada estágio foi montado uma lâmpada neon (N) miniatura, que nos indica de uma forma cômoda e imediata a secção condutora; outrossim, ainda nos proporciona visualmente o bom funcionamento do demultiplicador.

Os valores e demais componentes não esboçados nas figuras III-9 e III-10 encontram-se no diagrama geral A.

Os acoplamentos entre os dois anéis e com as outras etapas serão estudados no capítulo seguinte.

4. - SEPARADORES

Para a perfeita independência de funcionamento das e tapas de baixo nível de potência (monovibrador rápido e demul tiplicador bianelar) e do estágio de poder das tiratrônios pro jetamos os circuitos separadores. As tiratrônios precisam ser acionadas com impulsos positivos; no entanto o monovibrador rápido trabalha estávelmente e dá origem a um impulso de forma regular na placa onde é gerado um impulso negativo, ainda, todo o sistema demultiplicador trabalho com impulsos negativos.

O dito na oração anterior corrobora e fixa a necessidade destas etapas do aparelho. Os circuitos dos separadores são constituídos de:

- A) - Conformadores de impulsos.
- B) - Amplificadores de baixo ganho.

O amplificador de baixo ganho produz a rotação da polaridade do impulso.

Para termos na placa do tríodo um sinal de forma regular e somente positivo, é necessário termos na grade um impulso de entrada cuja forma da onda esteja inteiramente na zo na negativa, isto é, não possua nos extremos do impulso franjas sobre o eixo de nível zero (zona positiva). Outrossim os tríodos T_2 dos anéis demultiplicadores dão origem tanto a impulsos negativos como a positivos, devendo ser estes últimos cancelados, antes de darem entrada no amplificador de baixo ganho.

Os conformadores são realmente restauradores de impulsos, constituídos de díodos com adequada polaridade.

O projeto dos dois separadores obedece ao circuito da figura III-12.

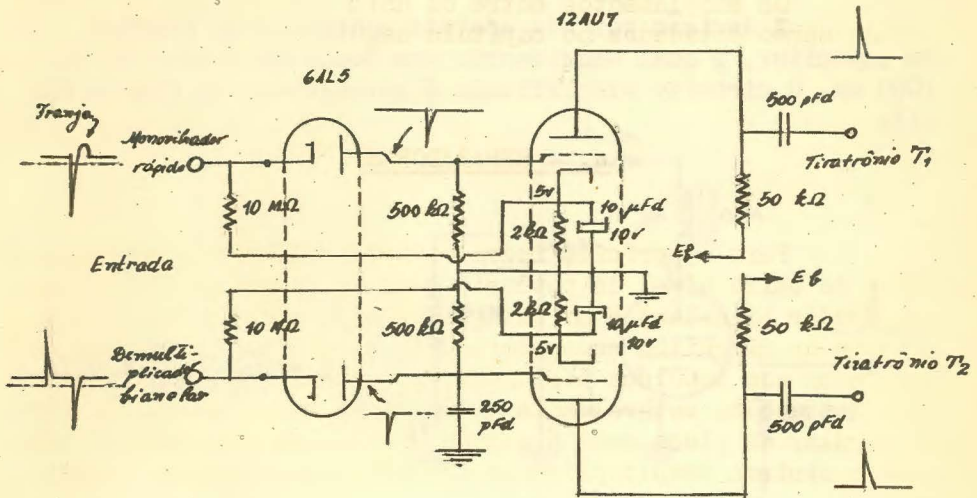


Figura III-12

As válvulas empregadas, do tipo miniatura, foram a 6AL5 e a 12AU7, tôdas duas de secção dupla. Devemos esclarecer com referência ao triodo que a escolha recaiu sobre este tipo, por ser de baixo fator de amplificação, elevada estabilidade operacional e pertencer ao grupo das válvulas mais modernas.

5. - TIRATRÔNIOS E RELÉS ELETROMAGNÉTICAS

Para o acionamento dos relés eletromagnéticos R_a e R_p , precisamos aplicar sobre as bobinas uma tensão que dê origem a uma corrente de 300 mA (corrente contínua). As tiratrônios a nossa disposição, do tipo 2050, têm um regime de funcionamento que admite uma corrente contínua máxima de 100 mA. Para mantermos a mesma força magnetomotriz seria necessário

com 100 mA, triplicar o número de espiras. Solução completamente impraticável em face do espaço existente no carretel da bobina.

A decisão por nós adotada consistiu no emprêgo de um capacitor, o qual ocasionaria uma descarga brusca de 500 a 1000 mA. O circuito simplificado é apresentado na figura III-13.

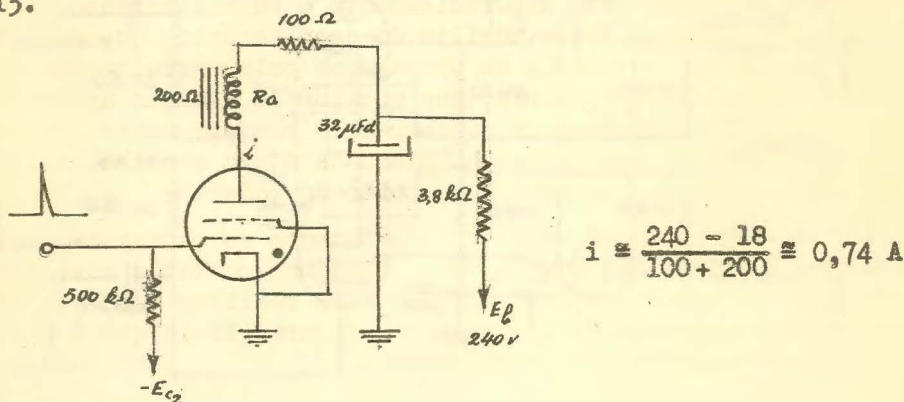


Figura III-13

Convém esclarecermos que a tiratrônio suporta correntes transitórias até a ordem dos 1000 mA. No presente caso, não levando em conta o efeito de autoindução da bobina, teremos uma corrente de arranque na ordem dos 700 mA (sob ignição a válvula de gás tem uma queda interna de 18 volts).

Descarregado o capacitor, a corrente i passa a ser constante e igual a

$$\frac{240 - 18}{3.800 + 300} = 55 \cdot 10^{-3} = 55 \text{ mA}$$

suficiente para reter as massas magnéticas fechadas.

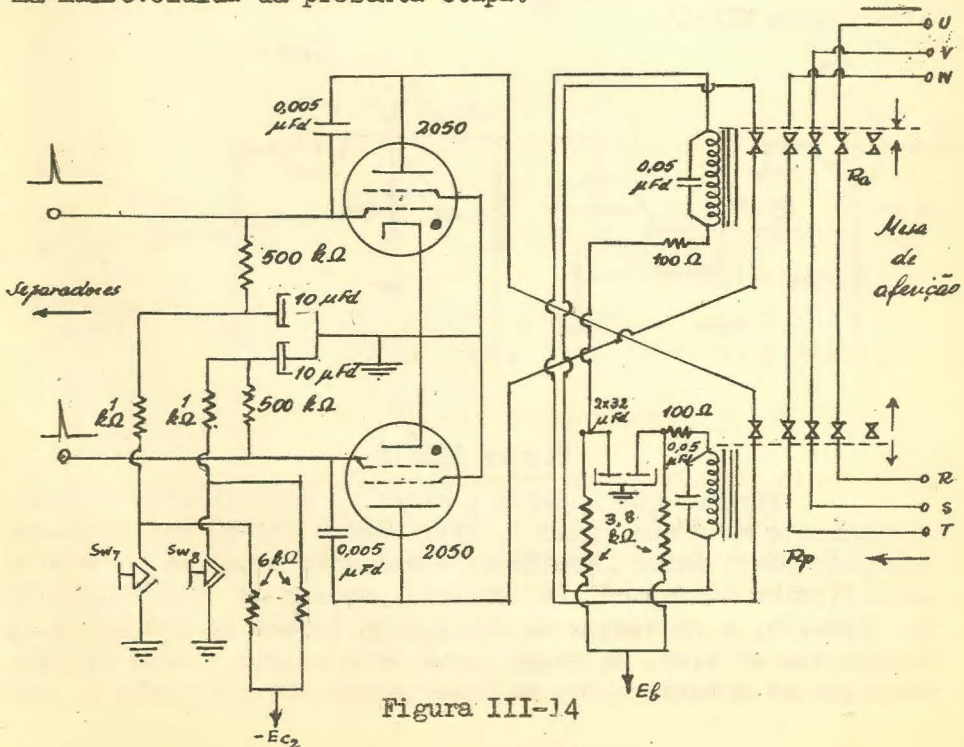
Com este artifício não solicitamos da fonte uma corrente maior do que 55 mA; outrossim a válvula 2050 trabalha continuamente em regime ameno.

Fizemos tentativas em operar o relé em série com o cátodo, pois, nesta hipótese, o enrolamento da bobina estaria sob baixa tensão. Tivemos que abandonar este arranjo de-

vido à elevada irregularidade no funcionamento da válvula de gás. Realmente o bobinamento tem suficiente isolamento para trabalhar no lado do circuito de alta tensão, motivo pelo qual não há inconveniente em ligá-lo com a placa.

Uma outra dificuldade, surgida com a experimentação, é a dependência de operação das duas tiratrônios. A ignição de uma provocava esporadicamente o engatilhamento da outra. Constatámos, com o auxílio do osciloscópio, que a causa do disparo duplo residia na propagação pelo circuito de uma onda irregular transitória, por ocasião da ignição de uma das válvulas. O inconveniente foi superado com uma maior polarização negativa, uma filtragem adequada e uma escolha criteriosa dos pontos de retorno do circuito de poder.

Como as válvulas de gás sòmente se extinguem se levamos a tensão de placa a zero, adotámos contatos auxiliares no relé da outra secção simétrica para realizar essa tarefa. O exposto encontra-se delineado na figura III-14 que é a forma mais evoluída da presenta etapa.



6. - FOTOCÉLULA E CIRCUITOS CORRELATOS

Além de podermos manobrar automaticamente a banca de aferição para um intervalo definido de tempo, decidimos ampliar, como já nos referimos em capítulos anteriores, o emprego do aparelho, de tal forma, que o sistema funcionasse independente de qualquer operação manual, a partir de um número definido de revoluções de um contador.

O recurso consiste na substituição do discriminador por uma fotocélula e circuitos auxiliares capazes de gerar um impulso apropriado para o engatilhamento do monovibrador rápido.

Nosso primeiro pensamento foi utilizar junto à fotocélula um triodo amplificador, problema este que deu origem a diversos circuitos experimentais, entre os quais mostramos o da figura III-15.

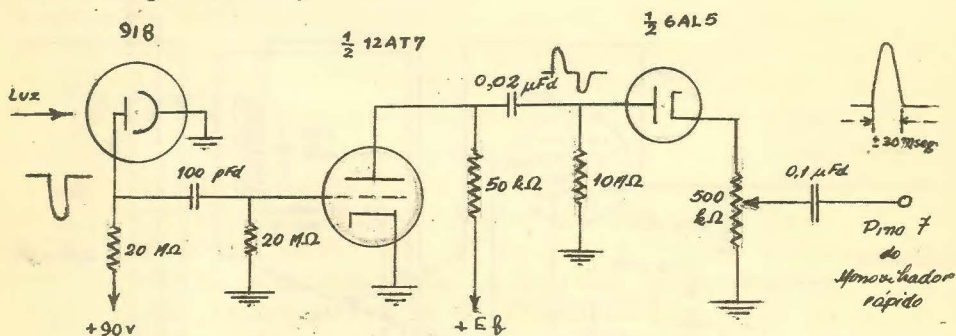


Figura III-15

Tivemos que injetar o sinal no monovibrador rápido, diretamente na grade, pino 7, (ver figura III-8) por apresentar este ponto maior impedância e portanto menor carga para o amplificador da fotocélula. Contudo, apesar do funcionamento do circuito, a regulagem do divisor de tensão de 500 kΩ é extremamente crítica. Um maior sinal dava origem a dois ou mais impulsos no monovibrador, um menor sinal não provocava o en-

gatilhamento. Por outro lado, para cada velocidade periférica do disco, deveria ser feito um ajuste no potenciômetro.

Absolutamente não ficamos satisfeitos com este circuito, pois, além de não funcionar com um ótimo grau de regularidade, exigia o controle para cada amplitude do sinal. Ainda mais, em velocidades periféricas muito baixas, responsáveis por um impulso largo e irregular, o sistema deixava de operar.

Constatamos que o trabalho de aferição de contadores trifásicos de maior capacidade, implicaria em meios para contar revoluções no mínimo igual a duas por minuto. Por outro lado, em outros tipos de contadores deveríamos registrar contagens até a ordem de 60 ou mais por minuto. Dentro desses amplos limites, torna-se realmente difícil acionar com absoluta regularidade o monovibrador rápido.

Em busca de uma forma aperfeiçoada para esta etapa, voltamos a aplicar o sinal de entrada na placa, pino 1, (Figura III-8), a melhor forma de termos um funcionamento regular do monovibrador. A seguir, desenhamos um multivibrador lento, capaz de gerar um impulso regular para qualquer forma e largura de onda proveniente da fotocélula. O artifício proporcionou a grande vantagem de não precisarmos de um controle para ajustar a operação em função de diversas velocidades do disco.

Portanto o conjunto é constituído de um amplificador do sinal irregular da fotocélula, um formador de impulsos regulares e lentos (a largura da onda retangular é da ordem de 40 mili-segundos, contudo o lado ascendente da onda é bastante rápido, aproximadamente 60 micro-segundos), um circuito diferenciador e um diodo para cancelar o impulso negativo.

Os estágios assim elaborados (Figura III-16) proporcionaram um elevado grau de estabilidade funcional, não havendo necessidade de qualquer ajuste para contagens entre duas rotações por minuto até valores acima das condições habituais.

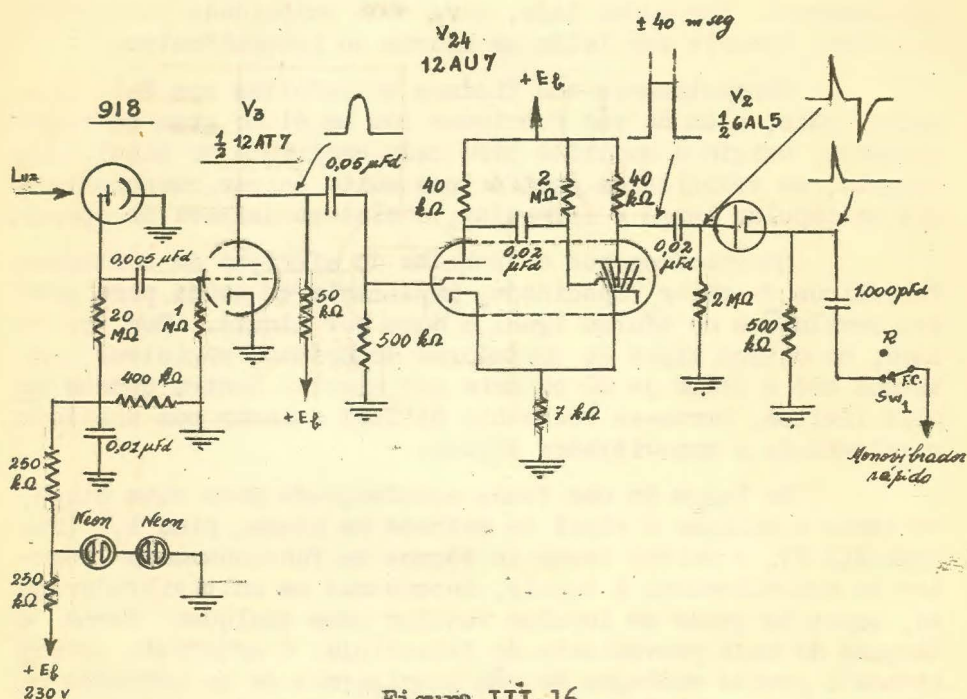


Figura III-16

7. - CRONÔMETRO ELETROMAGNÉTICO

Para a medição do tempo num ensaio, na hipótese que o nosso aparelho opere para um número inteiro de revoluções do disco do medidor, agregamos uma etapa complementar compreendida por: um cronômetro com registro de 0,1 segundos, um eletromagneto para acionamento do relógio, um estágio de poder para impulsionar o relé e um multivibrador de impulsos largos e definidos para engatilhar com precisão os circuitos anteriores.

Entre os diversos projetos estudados, mostramos na figura III-17 o circuito que apresentou inicialmente bons resultados.

estágio sobre o anterior, com um menor número de componentes.

Posteriormente utilizamos uma fonte com somente 230 volts. Nessas condições precisávamos de uma resistência interna de placa menor para termos a mesma energia sobre o eletromagneto, motivo pelo qual substituímos a válvula 6V6 por uma 6L6.

O circuito definitivo estudado para o acionamento do cronômetro é o da figura III-18.

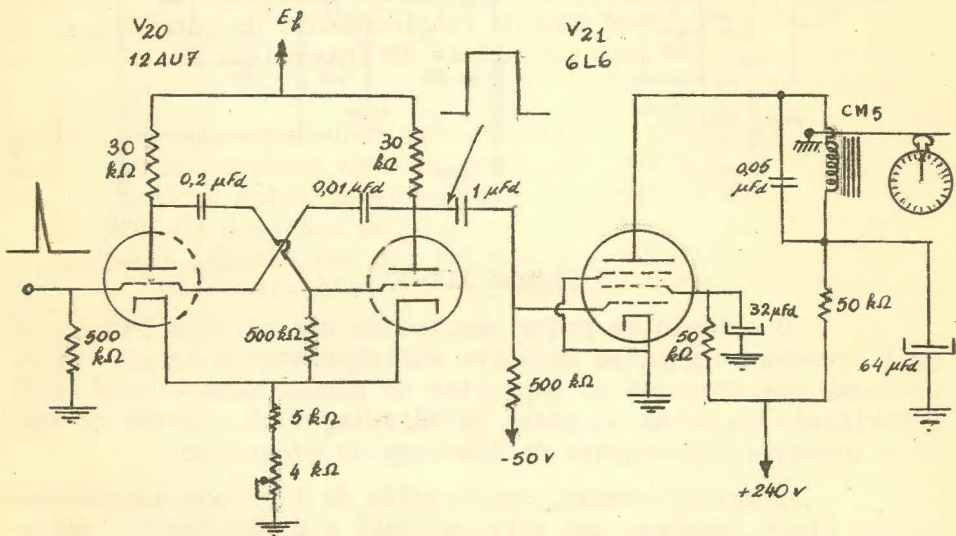


Figura III-18

Os sinais de entrada são obtidos diretamente dos relés trifásicos de arranque e parada, medindo, desta forma, o tempo de fechamento do circuito de alimentação das bobinas de tensão dos contadores. A forma de obtenção dos sinais é estudada no capítulo seguinte (IV).

8. - REGISTRADOR ELETROMECHANICO

Elaboramos uma etapa suplementar capaz de nos pro-

porcionar uma indicação direta dos minutos ou do número de revoluções de um ensaio. Compreende o circuito do registrador eletromecânico um estágio separador, um multivibrador, um estágio de poder e um relé integrador de quatro tambores decimais (CM₄).

Os sinais de comando são obtidos do monovibrador rápido, os quais não podem acionar, com o estágio de poder, diretamente o relé, devido à auto-indução da bobina e a inércia do sistema mecânico. Outrossim, como o alargador de impulsos (multivibrador) interferia no funcionamento do demultiplicador bianelar, houve a necessidade de intercalar um tríodo separador.

As primeiras experiências redundaram num multivibrador com válvula 12AU7, idêntico ao tipo apresentado na figura III-17, o qual mostrou com o tempo os defeitos apontados no título anterior. Substituímos aqui, em analogia ao caso anterior, por um circuito com acoplamento por cátodo, semelhante ao estágio da 12AU7 apontado na figura III-18.

Toda etapa do registrador é constituída de dois duplos tríodos, 12AU7, cujo diagrama mostramos na figura III-19.

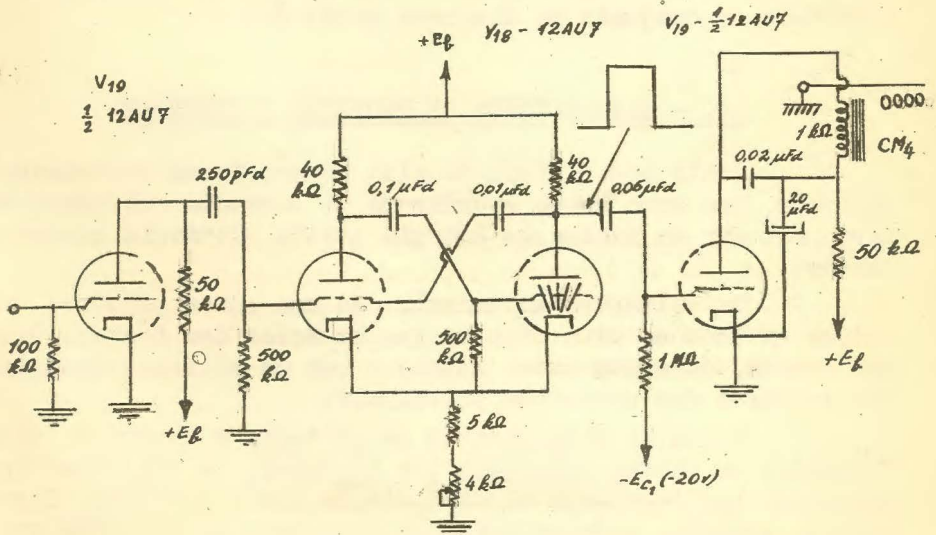


Figura III-19

Como o relé CM₄ funciona perfeitamente bem com uma corrente de 20 mA, podemos, por se tratar de um fenômeno de natureza transitória, carregar um dos tríodos da válvula com esta intensidade.

9. - FONTES DE ENERGIA

O suprimento de energia de alta tensão é obtido diretamente do gerador de corrente contínua do sistema de estabilização de tensão do banco de aferição. A máquina proporciona uma tensão de 240 volts, a qual alimenta todas as etapas do aparelho, através de três filtros independentes.

As tensões de polarização negativa são conseguidas através de um estágio retificador de onda completa (com válvula 6X4) e um filtro em pí.

Para alimentação dos filamentos de todas as válvulas está incluído um transformador de 6,3 volts no secundário e 115 volts no primário.

Por ser assunto vastamente conhecido, deixamos de esboçar o circuito das fontes de energia neste capítulo, para mostrá-lo em conjunto no diagrama geral A.

10. - DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO E CONTRÔLE

Junto aos filtros de alta tensão foram montados dois fusíveis, bem como um no suprimento de corrente alternativa, para proteger as fontes de energia contra prováveis curto-circuitos.

Um voltmetro em conexão com uma chave seletora nos indica as tensões mais importantes na saída das fontes. Diversos shunts, mais uma chave seletora com um miliamperômetro nos dão leituras das correntes principais.

Todos os dispositivos de proteção e controle foram inseridos em pontos adequados das ligações, de tal forma a proporcionar boa segurança na manipulação com o aparelho. Correlato ao assunto, podemos examinar o exposto no diagrama geral A.

+ + + + +
+ + + + +
+ + + + +

IV - AGRUPAMENTO DAS ETAPAS

1. - DISPOSIÇÃO GERAL

Os circuitos parciais estudados no capítulo anterior foram reunidos em três chassis, da seguinte forma:

A) - Chassis 1:

- Discriminador
- Fotocélula e circuitos correlatos
- Monovibrador rápido
- Demultiplicador bi-anelar
- Separadores
- Registrador eletromecânico

B) - Chassis 2:

- Tiratrônios
- Cronômetro eletromagnético
- Fontes de energia
- Dispositivos de controle e proteção

C) - Chassis 3:

- Relés eletromagnéticas CM_2 e CM_3

Os chassis 1 e 2 são do tipo padronizado com as dimensões de 19" x 12" x 7", enquanto o de número 3 é constituído de um quadro de 0,40 x 0,40 m, montado dentro da mesa de aferição.

O critério adotado para a distribuição acima mencionada foi resultante da observação da operação dos circuitos experimentais. Certas etapas de poder, tais como das tiratrônios e do conjunto de acionamento do cronômetro, quando em funcionamento, dão origem a ondas transitórias que se propa-

gam pelo circuito. Esta interferência nos obrigou a instalar, em pontos adequados, filtros, bem como realizar uma racional distribuição e separação dos circuitos parciais.

Os relés trifásicos, CM₂ e CM₃, por conveniência e dimensões foram dispostos dentro da mesa de aferição, próximos ao conexão das bobinas de tensão dos contadores.

Passaremos a seguir a estudar em detalhes, os circuitos de acoplamento das etapas mais importantes.

2. - ACOPLAMENTO DO DISCRIMINADOR E FOTOCÉLULA COM O MONOVIBRADOR RÁPIDO

O impulso de saída obtido do discriminador, figura III-7 (e_0), tem pequena amplitude e polaridade negativa. No movibrador rápido, um engatilhamento estável é obtido com um impulso positivo da ordem dos 30 volts. Dado o exposto, projetámos um estágio amplificador simples, figura IV-1, sendo utilizada a mesma válvula (duplo tríodo) do amplificador da fotocélula (V_3 da figura III-16).

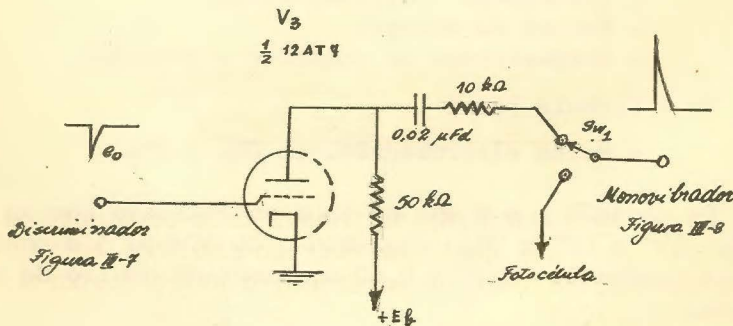


Figura IV-1

Referente ao circuito da fotocélula, já o encontramos completo na figura III-16.

É portanto a chave Sw_1 que nos permite, conforme sua posição, ensaiar com um tempo fixo (pêndula) ou com um certo número de revoluções (fotocélula).

3. - DEMULTIPLICADOR BIFANULAR

Os dois anéis do scaler são ligados pela chave seletora Sw_2 , na qual tivemos o cuidado de colocar todos os contatos sob mesmo potencial. Este artifício foi facilmente conseguido pela ligação de cada ponto à massa através de um resistor de $1\text{ M}\Omega$, de tal forma que a manipulação da chave não dê lugar a impulsos de contato. O mesmo arranjo foi adotado na saída do segundo anel, junto à chave seletora Sw_3 .

A recolocação do demultiplicador, após cada operação, na posição inicial é efetuada automaticamente, podendo ser também, como já explicamos, manual (botão Sw_4). Ao se com-pletar uma determinação, a chave trifásica CM_3 , cuja posição de repouso é sempre com os contatos fechados, sofre uma batida, interrompendo por poucos momentos os circuitos ligados à mesma. Esta interrupção provoca a ascensão do potencial de dez grades do scaler, fixando, desta forma, os tríodos condutores.

4. - ACOPLAMENTO DO MONOVIBRADOR COM AS ETAPAS SUBSEQÜENTES

O monovibrador rápido possui dois terminais de saída (Figura III-8), dos quais um entrega impulsos ao separador, engatilhando a tiratrônic de arranque; o outro proporciona os sinais para o scaler.

Como o primeiro impulso deve provocar a ligação do relé CM_2 , sem provocar o andamento do demultiplicador, adicionamos ao circuito a chave magnética CM_1 , cujo funcionamento se encontra esboçado na figura IV-2.

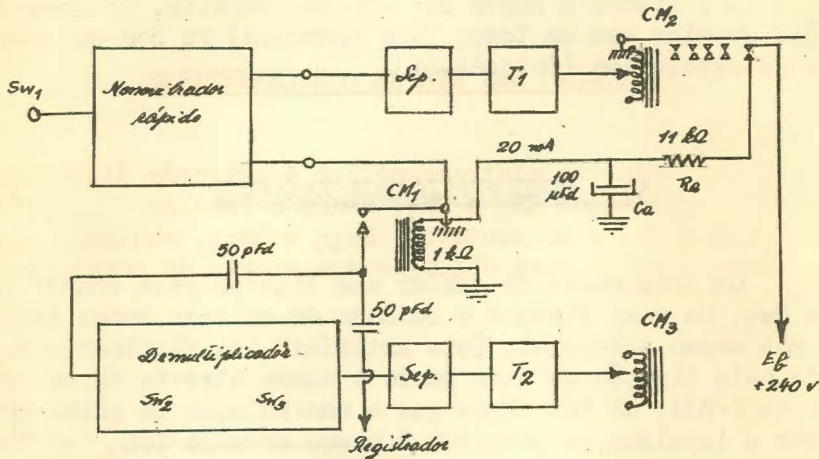


Figura IV-2

Observamos que sòmente atuarão sinais sòbre o demultiplicador, quando a chave CM_2 estiver fechada. Para uma boa seqüência de operações provocamos deliberadamente um pequeno atraso no fechamento do relé CM_1 em relação a CM_2 , com os componentes R_a e C_a .

Além de um par de contatos, a chave CM_1 tem quatro tambores decimais (idênticos à chave CM_4), possibilitando a numeração dos ensaios a serem realizados (de 0 a 9999).

Conforme a posição das chaves seletoras Sw_2 e Sw_3 do demultiplicador, será, ou não, rejeitado certo número de impulsos. O único impulso de saída do scaler atuará, por intermédio do segundo separador e tiratrônio T_2 , sòbre o relé de parada.

As ligações de entradas e saídas das etapas separadoras e tiratrônios, figura III-12 e III-14, foram desenhadas com tais componentes que permitem acoplamentos diretos.

5. - LIGAÇÃO DAS ETAPAS COMPLEMENTARES

O cronômetro eletromagnético é acionado diretamente pelos relés trifásicos CM_2 e CM_3 , sendo o impulso positivo obtido de dois jogos de contatos, Sw_{15} e Sw_{16} , montados naqueles relés. O arranjo para obtenção dos sinais de comando é mostrado na figura IV-3.

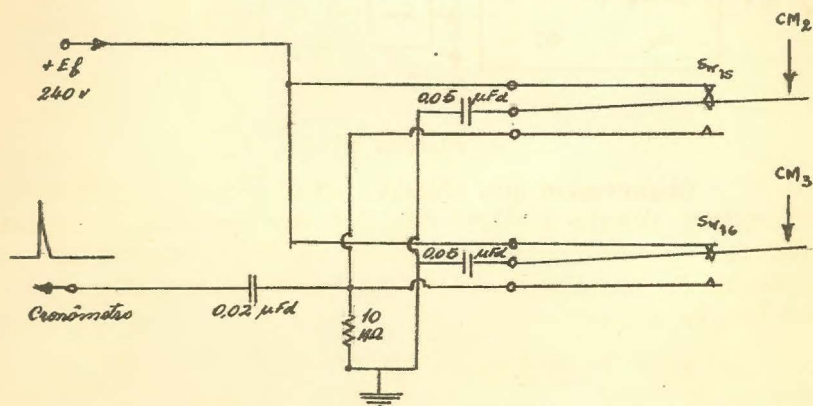


Figura IV-3

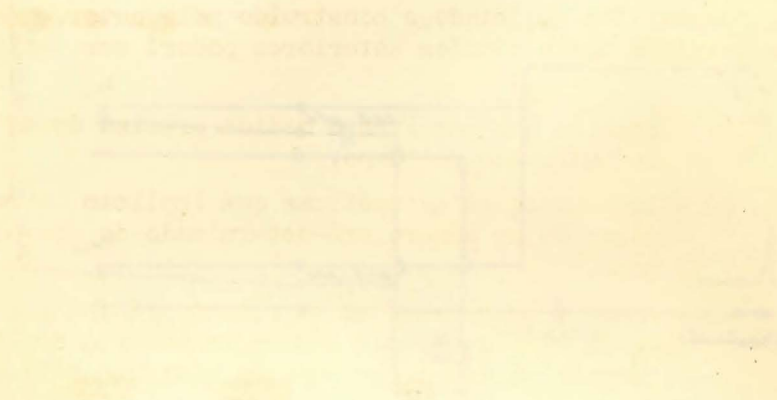
Após um dado ensaio para trazer os ponteiros do cronômetro para a posição inicial, foi previsto um botão, Sw_5 , para acionar o multivibrador lento do relógio.

O registrador eletromagnético aproveita os mesmos impulsos de entrada do demultiplicador, isto é, obtidos após a chave CM_1 , como podemos verificar na figura IV-2.

+ + + + +
+ + + + +
+ + + + +

THE HISTORY OF THE

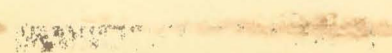
The history of the city of London, from its first foundation to the present time, is a subject of great interest and importance. It is a subject which has attracted the attention of many of the most distinguished historians and writers of the country. The history of London is a subject which is of great interest to all who are interested in the history of the British Empire.



The city of London, from its first foundation to the present time, is a subject of great interest and importance. It is a subject which has attracted the attention of many of the most distinguished historians and writers of the country. The history of London is a subject which is of great interest to all who are interested in the history of the British Empire.

THE HISTORY OF THE

The history of the city of London, from its first foundation to the present time, is a subject of great interest and importance. It is a subject which has attracted the attention of many of the most distinguished historians and writers of the country. The history of London is a subject which is of great interest to all who are interested in the history of the British Empire.



V - RESULTADOS E CONCLUSÕES

1. - CAMPO DE APLICAÇÃO

O aparelho projetado e construído pelo autor, descrito em detalhes nos capítulos anteriores poderá ser utilizado em:

- A) - Ensaios que envolvem a medida precisa de um da do intervalo de tempo.
- B) - Determinações automáticas que implicam na contagem de um número pré-determinado de revoluções.
- C) - Ensaios combinados de um número pré-determinado de revoluções com medida automática do intervalo de tempo (cronômetro eletromagnético).
- D) - Ensaios simultâneos de um grupo de medidores.

Estas são as aplicações mais importantes que nos lem bramos de mencionar, ligadas ao setor da aferição de medidores de energia elétrica. Contudo, em todo campo das medidas de tempo e baixas rotações, ligadas a pesquisas mais precisas, poderá ser, com dispositivos suplementares, eficientemen te empregado o equipamento versado nesta obra.

Analisaremos a seguir, no setor das aplicações mais importantes, acima discriminadas, as conclusões e os resultados alcançados.

2. - MEDIDA PRECISA DE UM INTERVALO DE TEMPO

A aplicação mais importante e que mesmo deu origem ao cronofototaquímetro é a determinação precisa de um inter-

valo de tempo, com o fim de proporcionar, em junção com padrões secundários, a aferição de padrões rotativos.

O grau de precisão obtido foi determinado com auxílio da aparelhagem existente no Observatório Astronômico. Supondo a pêndula, suficientemente precisa, uma vez que está afetada de um erro não superior a 0,00035 %, poderemos considerá-la como uma referência exata.

A técnica consistiu em dispormos de duas linhas bifilares, independentes entre o Observatório e o edifício, no qual se encontra a nossa aparelhagem. A pêndula Rosat emitia um sinal que imprimia um registro com a primeira pena do cronógrafo duplo do Observatório. Ao mesmo tempo, fechava o relé de arranque, através de uma das linhas. O acionamento de CM_2 movimentava os contatos do interruptor Sw_{15} , sendo esta ligação aproveitada, através da outra linha, para imprimir um registro paralelo ao primeiro pela segunda pena do cronógrafo.

Teremos, assim, dois registros: um feito diretamente pela pêndula; o outro devido, ainda, ao mesmo sinal, mas que fecha o circuito através de todo o nosso aparelho.

Como o retardo de operação das partes elétricas do nosso aparelho é desprezível, devemos levar em conta que o mesmo está localizado em tempo de acionamento dos relés de arranque e parada (CM_2 e CM_3).

Feitas diversas determinações, constatamos na fita registradora que o máximo retardo de fechamento dos dois relés (aproximadamente iguais) é de 0,07 segundos, valor este de importância secundária, uma vez que um dado ensaio é para um intervalo de tempo, tornando realmente importante o conhecimento da diferença do tempo de fechamento dos dois relés CM_2 e CM_3 .

O mesmo arranjo discutido acima, após algumas determinações, nos mostrou um erro na diferença de acionamento dos dois relés, cujo valor não ultrapassou de 0,02 segundos.

Dadas as dificuldades de tempo, materiais e humanas para executar essas determinações, que demandavam o funcionamento de toda aparelhagem mencionada linhas acima, tivemos de nos restringir a um número de uma dezena de ensaios.

Como este último valor do erro é igual para qualquer intervalo adotado, teremos, respectivamente, os seguintes erros na medida de um intervalo de tempo:

1) - Em um minuto:

$$E_{\%}^{1'} = \frac{0,02}{60} 100 = 0,0333 \%$$

2) - Em dois minutos:

$$E_{\%}^{2'} = \frac{0,02}{120} 100 = 0,0167 \%$$

3) - Em três minutos:

$$E_{\%}^{3'} = \frac{0,02}{180} 100 = 0,0111 \%$$

4) - Em quatro minutos:

$$E_{\%}^{4'} = \frac{0,02}{240} 100 = 0,0083 \%$$

5) - Em cinco minutos:

$$E_{\%}^{5'} = \frac{0,02}{300} 100 = 0,0067 \%$$

6) - Em dez minutos:

$$E_{\%}^{10'} = \frac{0,02}{600} 100 = 0,0033 \%$$

Esses resultados nos permitem fazer as seguintes conclusões:

- A) - Aferições de medidores de energia comuns - Poderão ser feitos com intervalo de tempo de um minuto.
- B) - Aferições de padrões rotativos - Conforme a precisão do instrumento, requerem um intervalo no mínimo de um ou dois minutos.
- C) - Aferições que envolvem padrões secundários - Requerem, conforme a precisão, um intervalo mínimo

de um ou dois minutos.

- D) - Aferições que envolvem padrões primários - Re-
que
rem, no mínimo, de acordo com as exigências,
de 3 a 5 minutos.

Estas indicações são somente fixadas em relação ao grau de precisão na medida do tempo, estando, portanto, sujeitas a alterações provenientes das quantidades elétricas em jogo.

3. - CONTAGEM DE REVOLUÇÕES

Como as determinações de revoluções envolvem aferições de medidores comuns, nos abstermos de pormenorizar o erro insignificante em adotar um número inteiro pré-determinado de rotações. Tanto a fotocélula como o circuito eletrônico são destituídos, para o presente caso, de retardo, motivo pelo qual pode unicamente haver diferenças nos relés CM₂ e CM₃. Da do o exposto, recomendamos para ensaios com medidores operando em meia carga ou menos, determinações com cinco revoluções; para 100 % e 200 % de carga sugerimos respectivamente 10 e 20 rotações. Excepcionalmente podemos estender a contagem até 25 revoluções, o que nos assegurará o máximo de exatidão.

4. - ENSAIOS COMBINADOS

O tempo de duração de um ensaio combinado a um número pré-determinado de revoluções é determinado pelo cronômetro eletromagnético. A precisão deste dispositivo auxiliar foi verificada na realização de um número grande de ensaios, sintetizados na tabela V-1. O relógio utilizado para esse fim era de um centésimo de escapamento, fato este que nos permitiu realizar com facilidade leituras de 0,01 segundos.

O trabalho consistiu em acionarmos automaticamente o cronômetro pelo sinal proveniente da pêndula. A diferença registrada no cronômetro em relação ao intervalo adotado é proveniente dos seguintes fatores:

- A) - Diferença no tempo de acionamento dos dois relés CM_2 e CM_3 .
- B) - Diferença no tempo de acionamento em duas operações consecutivas do mesmo ensaio, do relé magnético CM_4 do relógio.
- C) - Erros inerentes ao cronômetro.

A análise da tabela V-1, nos mostra que a diferença registrada no cronômetro, para um intervalo de um minuto, está na ordem de poucos centésimos (de um a três centésimos). Observamos por outro lado que, para intervalos maiores, de 2, 3 e 5 minutos, as ocorrências são muito irregulares, geralmente havendo tendência para erros absolutos maiores. Sabemos contudo, que os relés CM_2 , CM_3 e CM_5 , operando da mesma forma para qualquer intervalo de tempo, não poderiam dar origem a valores diferentes aos apresentados com intervalo de um minuto.

O exposto que nos faz admitir da imprecisão do cronômetro de um centésimo, utilizado para as determinações. Realmente, levado o relógio para exame no Observatório Astronômico, foi verificado que o mesmo é impreciso (com referência a menor leitura indicada) dando origem indiferentemente a erros positivos ou negativos. Do exposto na proposição anterior, temos como resultados as indicações apresentadas na tabela V-1 (para intervalos superiores a um minuto).

Destituído de rigorismo, poderemos, contudo, afirmar que o erro devido ao aparelho, provocado pelos relés acima mencionados está na órbita de poucos centésimos de segundos.

Essa imprecisão constatada é desprezível, uma vez que, de acordo com as Normas (capítulo I, item 2 e 3), o cronômetro a ser utilizado deverá proporcionar leituras mínimas de um décimo de segundo.

A operação de um ensaio combinado é realizada com extrema simplicidade, pois consiste unicamente no acionamento

do botão Sw_A. Esse contato deverá ser mantido fechado até o momento que o feixe de luz cruza a fotocélula, instante em que, se inicia automática e simultaneamente as contagens de revoluções e tempo.

TABELA V-1

Data	Número do ensaio	Tempo de duração do ensaio (pêndula) - t ₁	Registro do cronômetro - t ₂	Erro absoluto Δ
29/3	407	1'00,00"	1'00,01"	+ 0,01"
"	408	1'00,00"	0'59,99"	- 0,01"
"	409	1'00,00"	1'00,02"	+ 0,02"
"	410	1'00,00"	1'00,01"	+ 0,01"
"	411	1'00,00"	0'59,98"	- 0,02"
"	412	3'00,00"	3'00,05"	+ 0,05"
"	413	3'00,00"	3'00,09"	+ 0,09"
"	414	3'00,00"	3'00,04"	+ 0,04"
"	415	5'00,00"	5'00,07"	+ 0,07"
"	416	5'00,00"	4'59,97"	- 0,03"
30/3	460	1'00,00"	1'00,01"	+ 0,01"
"	461	1'00,00"	0'59,99"	- 0,01"
"	462	1'00,00"	1'00,00"	0,00"
"	463	5'00,00"	5'00,00"	0,00"
"	464	5'00,00"	5'00,00"	0,00"
"	465	5'00,00"	5'00,09"	+ 0,09"
"	466	5'00,00"	4'59,94"	- 0,06"
"	467	3'00,00"	3'00,05"	+ 0,05"
"	468	3'00,00"	3'00,03"	+ 0,03"
"	469	3'00,00"	3'00,02"	+ 0,02"
"	470	3'00,00"	3'00,03"	+ 0,03"
"	471	3'00,00"	3'00,03"	+ 0,03"
"	472	3'00,00"	3'00,01"	+ 0,01"
"	481	5'00,00"	5'00,00"	0,00"

1/4	489	1'00,00"	1'00,03"	+ 0,03"
"	490	1'00,00"	1'00,02"	+ 0,02"
"	491	1'00,00"	1'00,03"	+ 0,03"
"	495	1'00,00"	1'00,01"	+ 0,01"
"	496	1'00,00"	1'00,03"	+ 0,03"
"	497	1'00,00"	1'00,02"	+ 0,02"
"	498	1'00,00"	1'00,02"	+ 0,02"
"	499	1'00,00"	1'00,03"	+ 0,03"
"	500	2'00,00"	2'00,03"	+ 0,03"
"	501	2'00,00"	2'00,01"	+ 0,01"
"	502	2'00,00"	2'00,02"	+ 0,02"
"	503	2'00,00"	2'00,01"	+ 0,01"
"	504	2'00,00"	2'00,00"	0,00"
"	505	3'00,00"	3'00,01"	+ 0,01"
"	506	3'00,00"	2'59,99"	- 0,01"
"	507	3'00,00"	2'59,99"	- 0,01"

5. - ENSAIOS EM GRUPO

Um medidor de precisão conhecida ou um padrão rotativo podem servir para aferições de grupos de medidores de energia elétrica. Neste ensaio se faz o instrumento conhecido, dar um número inteiro de revoluções, com auxílio da fotocélula, comparando-se após os resultados registrados pelos diversos contadores do grupo sob determinação.

Os erros provenientes do nosso aparelho são de idêntica natureza aos já abordados em itens anteriores, motivo pelo qual deixaremos de discutir este assunto nestas linhas.

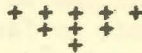
6. - CONCLUSÕES FINAIS

Julgamos o aparelho projetado, em face dos resultados citados neste capítulo, de real utilidade, tanto no que

se refere às múltiplas aplicações como nas precisões obtidas. Apresenta o mesmo ainda ótimas características de estabilidade operacional, comprovadas praticamente por algumas dezenas de horas de funcionamento regular. Outrossim, oferece um elevado grau de automatismo em conexão com simplicidade e independência de comandos. O instrumental, nos painéis frontais, permite um controle completo de suas funções mais vitais.

Afirmamos que, se forem necessárias maiores precisões, do que as lavradas nos itens anteriores, bastará dispormos de dois relés trifásicos (CM_2 e CM_3) com melhor elaboração mecânica e, portanto, de menor tempo de resolução no fechamento (referente a estes dispositivos o autor não conseguiu obter relés especialmente desenhados para este campo de aplicação). Contudo, sendo a bobina dos mesmos para 220 volts, 50 c/s, estas características elétricas, nos permitem vantajosamente interconectar ou não o nosso aparelho com o banco de aferição, pela simples manipulação da chave Sw_0 .

Desejamos frisar, ainda, que não é necessário, no campo de aplicação do presente trabalho, substituir os relés por arranjos mais perfeitos e complexos, tais como os de natureza eletrônica, uma vez que os resultados obtidos proporcionam precisões superiores às determinações das demais quantidades elétricas que entram no cômputo da energia elétrica.



SÚMULA

O presente trabalho, com o título de "Determinação precisa do tempo e do número de revoluções, na aferição de medidores de energia elétrica" é o relato do estudo, projeto e execução de um aparelho capaz de acionar, com grande exatidão no tempo, a operação de aferição de padrões rotativos.

Por meios foto-elétricos, estendeu-se o campo de aplicação do mesmo, para indicar com precisão as rotações do disco de um dado medidor.

Com adequado instrumental elétrico, em conexão com o aparelho descrito nesta pequena obra, poderão ser realizados ensaios básicos com padrões de elevada precisão. Outrosim, ainda nos permite, dentre inúmeras aplicações, medições combinadas de tempo e de rotações ou experimentos em grupos de medidores.

Instalado e comprovado no Instituto de Eletrotécnica da Escola de Engenharia da Universidade do Rio Grande do Sul, apresentou elevadas características de estabilidade operacional.



COURT ABRÉGE

"Détermination précise du temps et du nombre de tours dans l'étalonnage des compteurs d'énergie électrique" est le rapport de l'étude, projet et exécution d'un appareil capable d'actionner, avec une grande précision dans le temps, l'opération d'étalonnage des étalons rotatifs.

En utilisant la photo-électricité, le champ d'utilisation de l'appareil que nous avons idéalisé a été agrandi dans le but de rendre possible l'indication précise du nombre de tours du disque d'un compteur.

Avec une appareillage électrique convenable, en connexion avec l'appareil décrit dans ce travail, on peut réaliser des essais basiques avec des étalons d'haute précision. En outre, on peut encore, parmi d'autres applications, faire des mesures combinées du temps et du nombre de tours ainsi que des essais avec un nombre quelconque de compteurs.

L'appareil, installé et éprouvé à l'"Instituto de Eletrotécnica da Escola de Engenharia da Universidade do Rio Grande do Sul" a présenté d'hautes caractéristiques d'stabilité fonctionnel.

+ + + + +
+ + + + +
+ + + + +

SUMMARY

The present work entitled "Precise determination of the time and number of rotations in the testing of electricity meters" is the report of the study, design and operation of a device capable of controlling the testing, with great time exactness, of portable standard watt-hour meters.

By photoelectric means the field of application was extended to indicate, with precision, the disc rotations of a given meter.

With adequate electrical instruments in connection with the device described in this small work, basic tests can be realized with high precision standards. Moreover, it also enables one to make, from among innumerable applications, combined measurements of time and rotation or experiments in groups of meters.

Installed and proved in the Instituto de Eletrotécnica da Escola de Engenharia da Universidade do Rio Grande do Sul, it presented high characteristics of operational stability.

+ + + + +
+ + +
+

ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit ueber "Genaue Bestimmung von Umdrehungszeit und Umdrehungszahl bei der Eichung von Elektrizitaetszaehlern" ist der Bericht von Vorstudium, der Planung und der Ausfuehrung eines Apparates, der in der Lage ist, mit grosser Praezision in der Zeit Universalpruefzaehler zu eichen.

Durch photoelektrische Mittel wurde das Anwendungsgebiet des Apparates dahingehend erweitert, dass er mit Genauigkeit Scheibenumdrehungen eines gegebenen Zaehlers angeben kann.

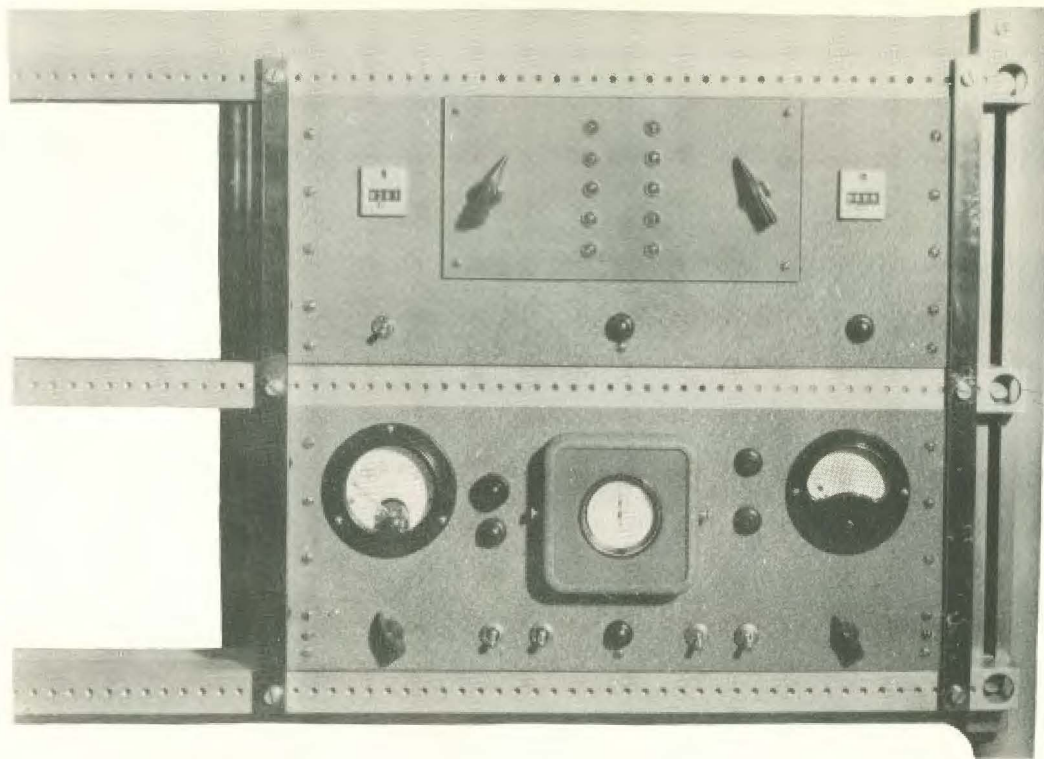
Mit angemessenem elektrischem Instrumentarium und in Verbindung mit dem in dieser Arbeit beschriebenen Apparat koennen grundlegende Versuche mit Eichmassen hoher Genauigkeit durchgefuehrt werden. Ebenso gestattet der Apparat, bei zahllosen anderen Anwendungsmoeglichkeiten, kombinierte Zeit und Umdrehungsmessungen oder Versuche in Zaehlergruppen.

Der im Instituto de Eletrotécnica da Escola de Engenharia da Universidade do Rio Grande do Sul eingefuehrte und gepruefte Apparat zeigte hohe Gleichmaessigkeit in der Arbeitscharakteristik.

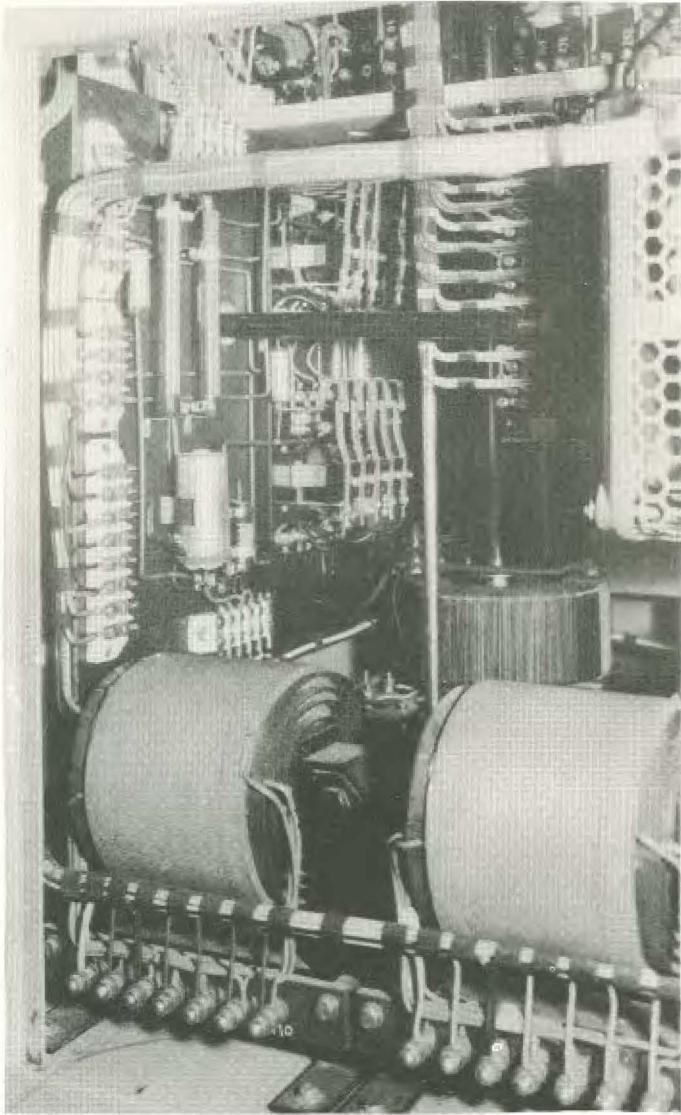
+ + + + +
+ + +
+

BIBLIOGRAFIA

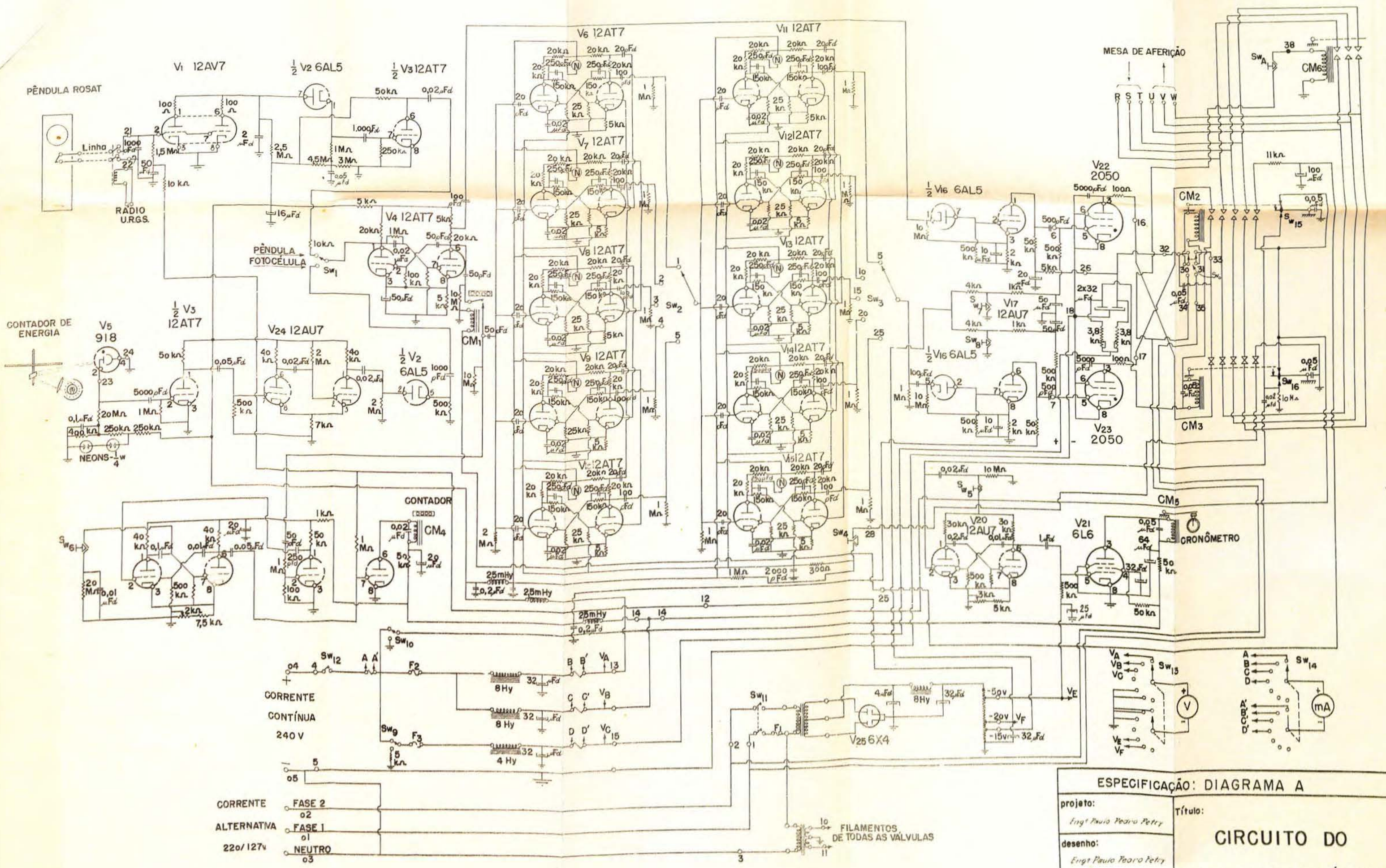
1. - Electrical Measurements and Measuring Instruments
E. W. Golding - 1954.
2. - Electrical Measurements - Forest K. Harris - 1952.
3. - Electrical Measurements - Frank A. Laws - 1937.
4. - Electric Power Metering - Archer E. Knowlton - 1934.
5. - Electricity Meters & Instruments Transformers
S. James - 1950.
6. - Basic Electrical Measurements - Melville B. Stout - 1950.
7. - Electrical Measurements - D. Karo - 1950.
8. - Recurrent Electrical Transients
Von Tersch and Swago - 1953.
9. - Electronic Fundamentals and Applications
John D. Ryder - 1950.
10. - Active Networks - Vincent C. Rideout - 1954.
11. - La Escuela del Técnico Eletricista - Vol. III - A. Holtz.
12. - Photoelectric Equipment for Testing Watthour Meters
Catálogo número 96X668 da General Electric.
13. - Watthour Meters - Acessories and Supplies
Catálogo número GEA-2671C da General Electric.
14. - A New Portable Watthour-meter Standard (The IB-10)
Catálogo GEA-3614 da General Electric.
15. - Abriged Specification for Eletrical Instruments
Cambridge - 1956.
16. - Revue Internationale de L'Horlogerie - Março 1953 - Nº 3.
17. - Associação Brasileira de Normas Técnicas
Eletrotécnica - EB-45 e MB-114 - 1951.
18. - Regeln für Elektrizitätszähler - VDE - 0418/6.52.
19. - Electronic Time Measurements - Chance/Williams - 1946.



2. — Vista frontal doschassis 1 e 2



4. — Vista lateral do chassis 3 (localizado dentro da mesa de aferição)



PÊNDULA ROSAT

CONTADOR DE ENERGIA

NEONS-Lw

CORRENTE CONTÍNUA 240 V

CORRENTE ALTERNATIVA 220/127v

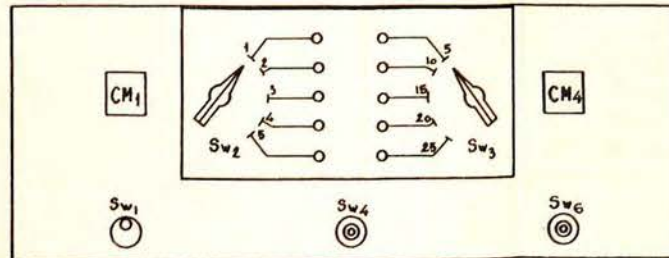
FASE 2 o2

FASE 1 o1

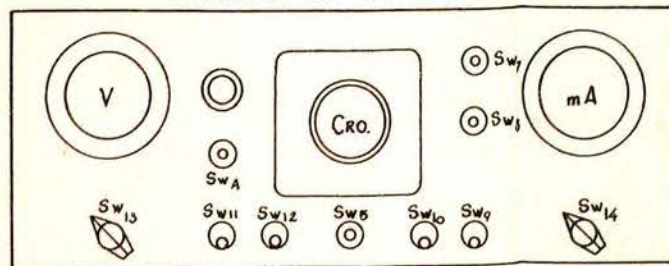
NEUTRO o3

ESPECIFICAÇÃO: DIAGRAMA A	
projeto:	Engº Paulo Pedro Petry
desenho:	Engº Paulo Pedro Petry
data:	23-6-57
CIRCUITO DO CRONOFOTOTAQUÍMETRO	

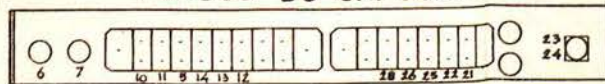
FRENTE DO CHASSIS 1



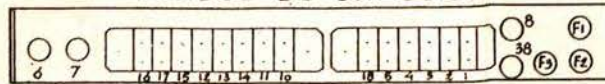
FRENTE DO CHASSIS 2



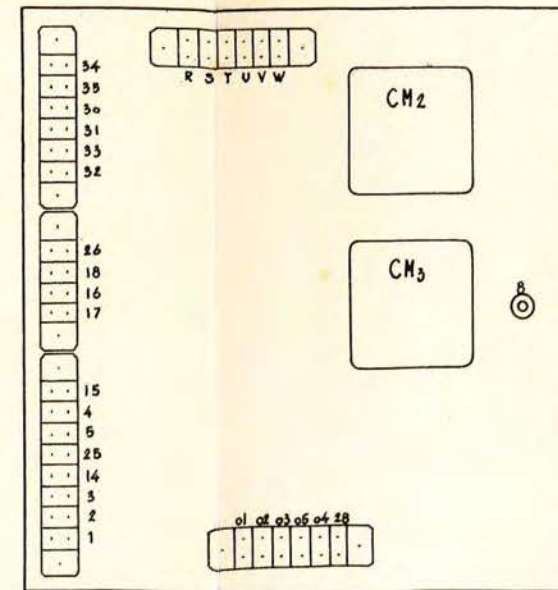
FUNDOS DO CHASSIS 1



FUNDOS DO CHASSIS 2



CHASSIS 3



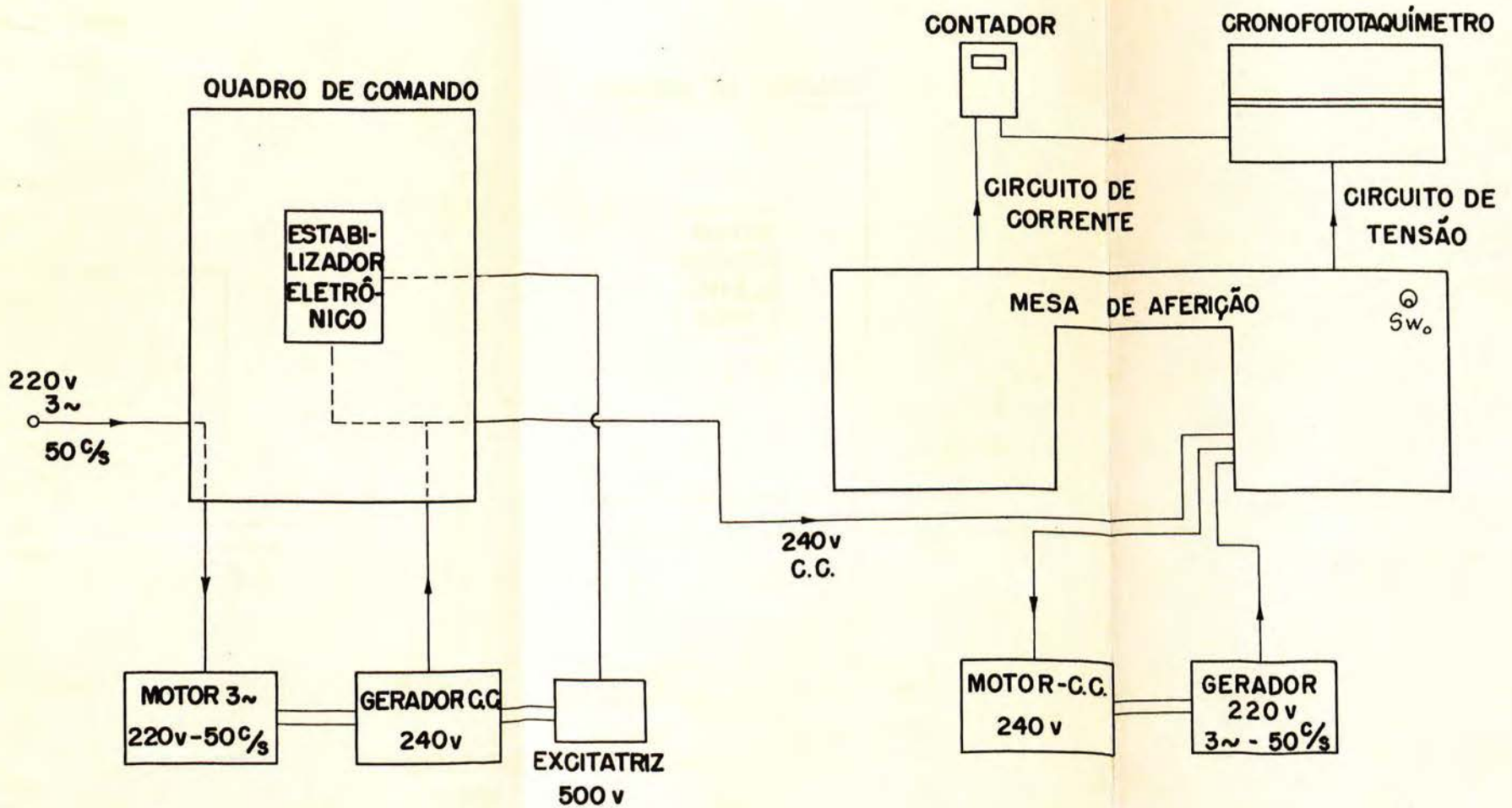
ESPECIFICAÇÃO: DIAGRAMA B

projeto:
Engº Paulo P. Petry

desenho:
Rubem Léo Berger

data:
28-6-57

Título:
**LOCALIZAÇÃO DOS
DISPOSITIVOS DE COMANDO
E LIGAÇÕES**



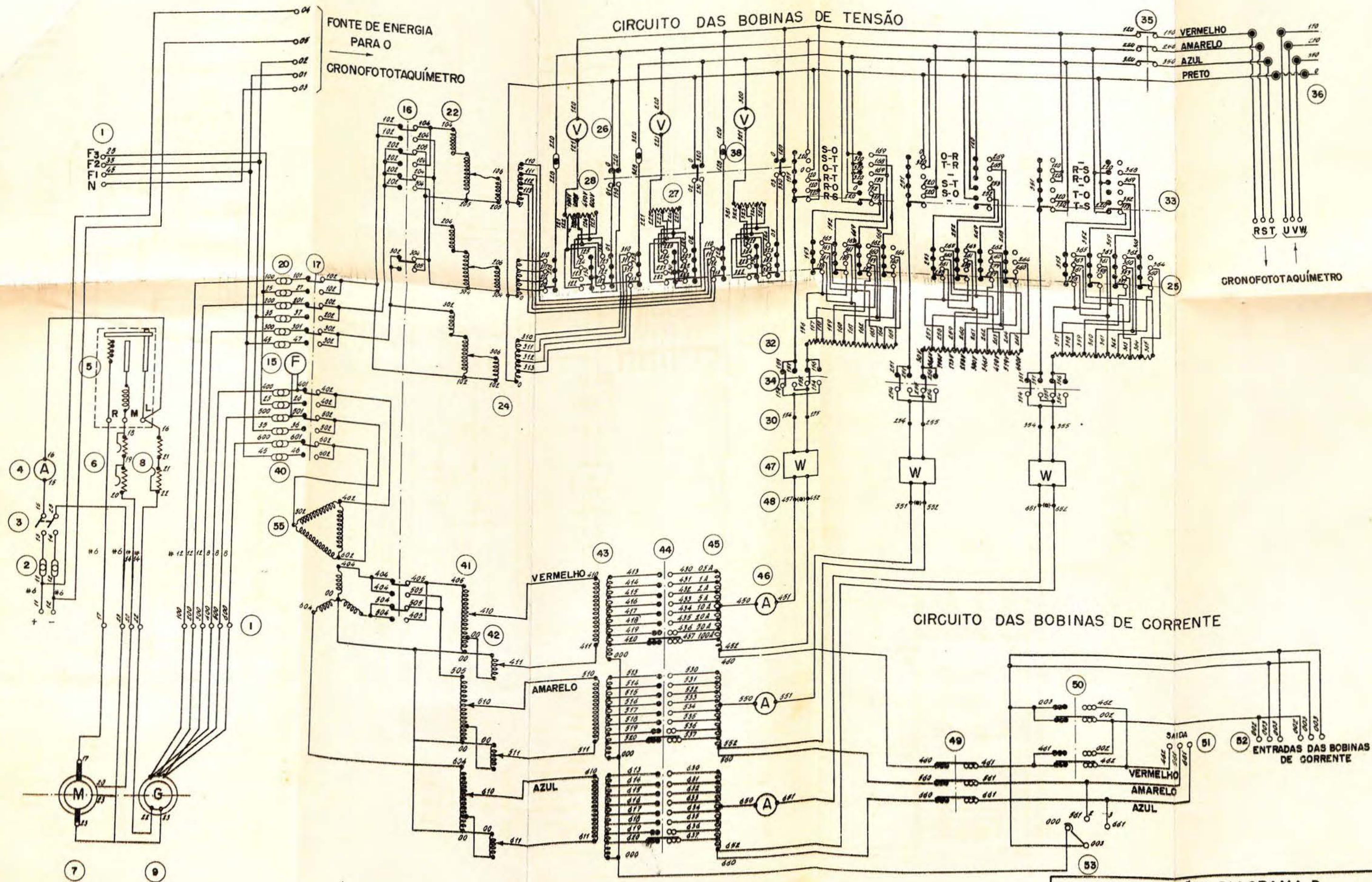
ESPECIFICAÇÃO: DIAGRAMA C

alterado:
Engº Paulo P. Petry

desenho:
Rubem Léo Berger

data:
28-6-57

Título:
**ESQUEMA GERAL UNIFILAR
DA ESTAÇÃO DE AFERIÇÃO
DE CONTADORES**



ESPECIFICAÇÃO: DIAGRAMA D

alterado:
Engº Paulo Pedro Peiry
desenho:
Rubem Léo Berger
data:
28-6-97

Título:
CIRCUITO MODIFICADO
DA MESA DE AFERIÇÃO