

TRANSMISSÃO

Cálculo de vãos curtos de linhas de transmissão por microcomputadores

Este trabalho apresenta uma modelagem para cálculo de flechas e tensões em vãos curtos, onde o efeito do movimento das cadeias de isoladores tem grande influência. Tal problema é encontrado com grande frequência nos projetos de subestações. O desenvolvimento matemático é adaptado para microcomputadores pessoais, o que permite uma fácil utilização pelo projetista.

Márcio Tadeu de Almeida e Afonso H. Moreira Santos

Em vãos curtos biancorados, tais como aqueles encontrados em subestações, as cadeias de isoladores podem ter efeitos consideráveis sobre as flechas e tensões nos condutores. Para evitar efeito corona em subestações, principalmente naqueles vãos tensionados com forças relativamente baixas, esse estudo torna-se de suma importância [1].

O presente trabalho tem como objetivo a determinação das equações que permitem calcular as variáveis envolvidas nas mudanças de estado de um vão típico desnivelado.

A modelagem através da parábola dá uma ótima precisão, pois esses vãos são geralmente pequenos e com pequenas diferenças de níveis. É evidente, que também o equacionamento pelo modelo matemático parabólico facilitará a computação [2].

No projeto de subestações, esse cálculo se impõe, tanto para definição das cargas atuantes nos pórticos, como para verificação de eventuais distâncias críticas entre condutores e equipamentos, em condições de flecha máxima. De particular importância é o conhecimento da variação da flecha dos condutores, entre condições limites de temperaturas, quando são usados seccionadores do tipo pantográfico vertical.

As cadeias de isoladores, normalmente do tipo de ancoragem, pelo seu comprimento, representam uma fração ponderável do lance total; além disso, pelo seu elevado peso em relação ao do condutor, atuam como contrapeso, tendendo a manter as tensões e flechas dentro de limites mais restritos [3].

A aplicação das equações comuns de mudanças de estado [4] em subestações, leva a resultados não condi-

zentes com a realidade. É necessário, portanto, desenvolver novas equações que levem em conta as características tanto do condutor quanto das cadeias de isoladores.

Hipóteses de cálculo

Será estudado o caso mais comum em subestações, ou seja, vão ancorado entre cadeias de isoladores nivelados (ou desnivelados).

As flechas totais no centro do vão são mantidas, geralmente, entre 1% e 3% do vão total, sendo as deflexões pequenas, o que permite assumir as seguintes simplificações:

- considerar as curvas formadas pela cadeia e cabos como parabólicas;
- considerar o peso P_i da cadeia de isoladores e o peso P_c do condutor como praticamente iguais aos pesos unitários multiplicados, respectivamente, pelas projeções horizontais de seus comprimentos.

A fig. 1 mostra um vão típico, como os seus parâmetros mais importantes.

Equacionamento para a cadeia de isoladores

Seja a cadeia mostrada na fig. 2, tracionada por uma tensão horizontal T_0 .

Tomando-se que a soma dos momentos das forças em torno do ponto A é nula, obtém-se a projeção vertical da cadeia:

$$z_E = \frac{P_c \cdot m_E \cdot L_E}{T_0} + \frac{q_E L_E^2}{2T_0} \quad (1)$$

Partindo do comprimento de um trecho parabólico dado na ref. [4] e sabendo-se que a resultante das forças no grampo B seja:

$$R_E = \sqrt{T_0^2 + \left(P_c m_E + \frac{F_i}{2}\right)^2} \quad (2)$$

M. T. de Almeida. Formou-se pela Escola Federal de Eng. de Itajubá, em 1972. Cursos de especialização: Mestre em Ciências; Doutor em Engenharia. Atividades profissionais: Professor da EFEI, a partir de 1973; Consultor da FUPAI, a partir de 1980.

A. H. M. Santos. Formou-se pela Escola Federal de Eng. de Itajubá, em 1978. Cursos de especialização: Mestre em Ciências. Atividades profissionais: Professor da EFEI, a partir de 1980; Consultor da FUPAI, a partir de 1981.

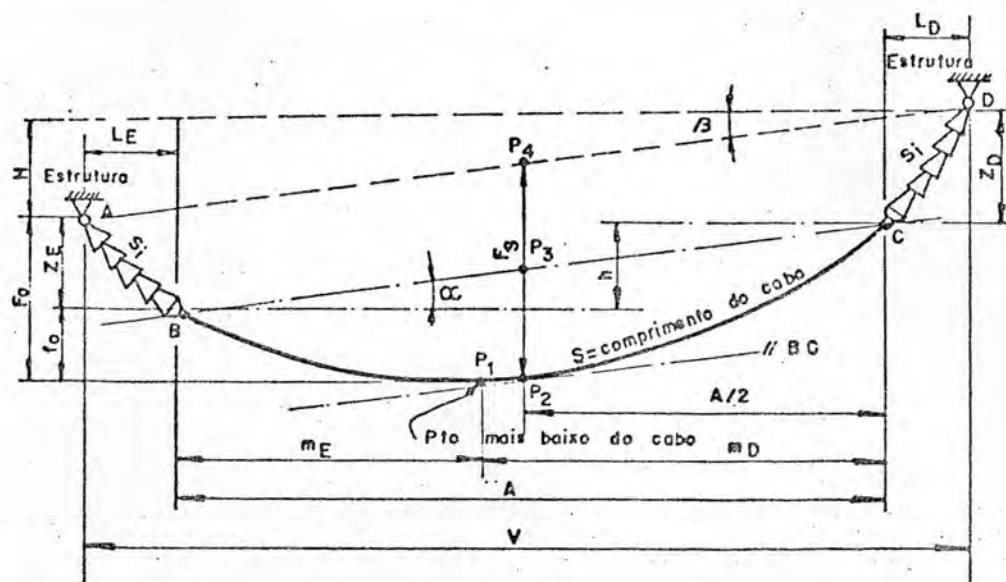


Fig. 1 — Cabo em suspensão

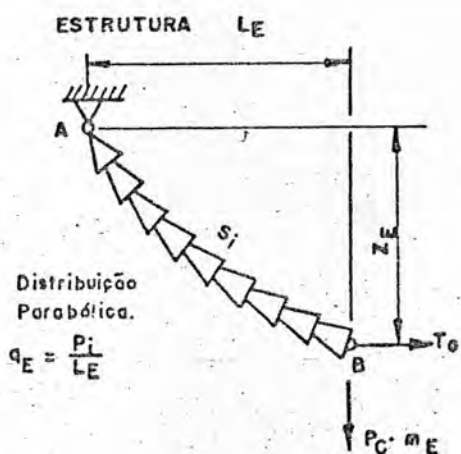


Fig. 2 — Cadeia de Isolantes em suspensão

obtem-se, após algum trabalho algébrico, a projeção horizontal da cadeia:

$$L_E = \frac{24 \cdot S_i \cdot R_E \cdot T_o}{P_i^2 + 24 R_E^2} \quad (3)$$

Equacionamento do cabo

Supondo o cabo no chão com comprimento L_{10} à temperatura t_1 , passar o cabo, ainda no chão, para a temperatura t_2 ; seu novo comprimento será:

$$L_{20} = L_{10} (1 + \alpha \Delta t) \quad (4)$$

Grampeando o cabo nas estruturas, a tensão passará de um valor nulo para T_{o1} . Portanto, o condutor sofrerá uma variação conseqüente em seu comprimento, que poderá ser calculado pela Lei de Hooke.

$$\Delta L_1 = \frac{L_{10} \cdot T_{o1}}{ES} \quad (5)$$

Considere-se agora o cabo novamente no chão à temperatura t_2 ; grampeando-o nas estruturas, este sofrerá analogamente uma variação no comprimento igual a:

$$\Delta L_2 = \frac{L_{20} \cdot T_{o2}}{ES} \quad (6)$$

Levando-se (5) em (6), vem:

$$\Delta L_2 = \frac{T_{o2}}{ES} L_{10} (1 + \alpha \Delta t) \quad (7)$$

Sejam S_1 e S_2 os comprimentos finais do cabo nos estados inicial e final respectivamente (em suspensão). Pode-se, então, dizer que:

$$\Delta L_1 = S_1 - L_{10} \quad \text{e} \quad \Delta L_2 = S_2 - L_{20} \quad (8)$$

Substituindo-se as equações (5) e (7) em (8), tem-se:

$$S_1 = L_{10} \left(1 + \frac{T_{o1}}{ES}\right) \quad (9)$$

$$S_2 = L_{10} (1 + \alpha \Delta t) \left(1 + \frac{T_{o1}}{ES}\right) \quad (10)$$

Dividindo (5) por (10), vem:

$$\frac{S_1}{1 + \frac{T_{o1}}{ES}} (1 + \alpha \Delta t) = \frac{S_2}{1 + \frac{T_{o2}}{ES}} \quad (11)$$

O comprimento da parábola em desnível é dado por:

$$S = \sqrt{D^2 + A^4 / 12C^2}$$

Desenvolvendo o radical em série binomial, essa série converge rapidamente; por isso, toma-se os primeiros termos da série para encontrar:

$$S = D \left[1 + \frac{A^4}{24C^2 D^2} \right] \quad (12)$$

Portanto, aplicando (12) nos estados inicial e final, e substituindo em (11), com um pouco de trabalho, chega-se numa operação de mudança de estado (eq. 13).

$$T_{o2}^3 + ES \left[1 - \frac{D_2}{K} \right] T_{o2}^2 - \frac{ESA^2 P_2^2}{24 K D_2} = 0 \quad (13)$$

Nesta equação, tem-se os seguintes parâmetros auxiliares:

$$K = \frac{D_1 \left[1 + \frac{A_1^2}{24 c_1^2 D_1^2} \right]}{1 + \frac{T_{o1}}{ES}} (1 + \alpha \Delta t)$$

$$D_1 = \sqrt{h_1^2 + A_1^2} \quad \sqrt{D_2} = \sqrt{h_2^2 + A_2^2}$$

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

A equação (13) representa a equação de mudança de estado para um vão, levando-se em conta as variações da distância horizontal e vertical entre os grampos de suspensão, tanto pela temperatura como pelo vento.

Cálculo das flechas

As flechas indicadas na fig. 1 podem ser calculadas através das equações analíticas da parábola em desnível conforme abaixo:

$$\text{Flecha parcial: } f_s = \frac{P_c A^2}{8 T_o}$$

$$\text{Flecha auxiliar parcial: } f_o = f_s \left[1 - \frac{h}{4 f_s} \right]^2$$

$$\text{Flecha auxiliar total: } F_o = f_o + Z_E$$

$$\text{Flecha total: } F_s = f_s + \frac{(Z_E + Z_D) + -(L_E - L_D)}{2}$$

$$\text{Sendo } h = H + (Z_E - Z_D)$$

Forças verticais na estrutura

As forças verticais na estrutura, levando-se em conta os pesos das duas cadeias de isoladores, são obtidas pelo equilíbrio do cabo juntamente com a cadeia e são dadas por:

$$V_A^i = \frac{P_c A}{2} - \frac{h T_o}{2} + P_i$$

$$V_D^i = \frac{P_c A}{2} - \frac{h T_o}{2} + P_i$$

Programação para microcomputadores

Apresenta-se nesse artigo a sistematização para o caso mais comum desses pequenos vãos, ou seja, aqueles em que o desnível é nulo. Em consequência de h ser zero, pode-se afirmar que (fig. 1):

$$h_1 = h_2 = 0 \quad \dots \quad D_1 = A_1 \quad \dots \quad D_2 = A_2$$

$$L_E = L_D \quad \dots \quad m_E = m_D = \frac{A}{2} \quad Z_E = Z_D$$

Na primeira parte do programa foi desenvolvido um algoritmo para fazer o equilíbrio do cabo no estado inicial.

Na segunda parte é resolvida a equação de mudança de estado, admitindo-se um novo valor distância entre grampos, que fornece como solução a tensão horizontal no estado final.

Na parte final testa-se esse novo vão e tensão para verificar se são capazes de conseguir o equilíbrio do cabo no estado final. É evidente que todo o processo é iterativo e dependerá de uma precisão estipulada no programa.

Segue a listagem do programa em BASIC, elaborado para microcomputadores pessoais.

```

100 LPRINT " ****ESCOLA FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBA****"
110 LPRINT " *PROFS. MARCIO TADEU DE ALMEIDA E AFONSO HENRIQUES*"
120 LPRINT " *MORAES SANTOS***** DPJ / IEM *****"
130 LPRINT "*****"
140 LPRINT " PROGRAMA PARA CALCULAR AS CONDIÇÕES DE EQUILIBRIO
150 LPRINT " EM VAOS CURTOS DE LINHAS AERÉAS DE TRANSMISSÃO"
160 LPRINT " OU EM SUBESTAÇÕES ::::::::::::::::::::"
165 PRINT "ESTE PROGRAMA TRABALHA COM UM CONDUTOR POR FASE"
170 LPRINT "*****"
180 LPRINT " ** LINGUAGEM BASIC PARA MICROCOMPUTADORES PESSOAIS
190 REM A PRECISÃO DO PROGRAMA É DE 1 CM PARA AS DISTÂNCIAS
195 REM HORIZONTAIS, E DE 1 KGF PARA AS FORÇAS (LINHA 620).
197 REM ** ESSAS PRECISÕES PODEM SER ALTERADAS NAS RESPECTI-
198 REM VAS LINHAS, DE ACORDO COM A NECESSIDADE DA PRECISÃO **
199 LPRINT "*****"
230 INPUT "QUAL A TENSÃO NO ESTADO INICIAL":F1
240 INPUT "QUAL O PESO UNITÁRIO DO CONDUTOR":P1
250 INPUT "QUAL O PESO DA CADEIA DE ISOLADORES":P2
260 INPUT "QUAL A TEMPERATURA NO ESTADO INICIAL":T1
270 INPUT "QUAL A TEMPERATURA NO ESTADO FINAL":T2
280 INPUT "QUAL O MÓDULO DE ELASTICIDADE":E
290 INPUT "QUAL A ÁREA DO CONDUTOR":S
300 INPUT "QUAL O COMPRIMENTO DA CADEIA DE ISOLADORES":S1
310 INPUT "QUAL O COEFICIENTE DE DILATAÇÃO TÉRMICA":A
320 INPUT "QUAL O VÃO":VO
330 INPUT "QUAL A VELOCIDADE DO VENTO NO ESTADO INICIAL":V1
340 INPUT "QUAL A VELOCIDADE DO VENTO NO ESTADO FINAL":V2
350 INPUT "QUAL O DIÂMETRO DO CONDUTOR":D
355 INPUT "QUAL O NOME DA SUBESTAÇÃO EM ESTUDO":N$
356 INPUT "QUAL O NOME DA EMPRESA":E$
360 PRINT
367 INPUT "QUAL O NÚMERO DE ISOLADORES DA CADEIA":N9
368 INPUT "QUAL O TIPO DA CADEIA DE ISOLADORES":C$
369 REM
370 REM INÍCIO DOS CÁLCULOS
380 REM EQUILÍBRIO NO ESTADO INICIAL
385 REM CÁLCULO DO PESO UNITÁRIO DO CONDUTOR COM VENTO NO
386 REM ESTADO INICIAL
390 W1=SCR(F1X2+(.0045*V1X2+D*.8)X2)
395 REM CÁLCULO DO PESO UNITÁRIO DO CONDUTOR COM VENTO NO
396 REM ESTADO FINAL
400 W2=SCR(F1X2+(.0045*V2X2+D*.8)X2)
405 REM VALOR INICIAL PARA A DISTÂNCIA ENTRE GRAMPOS
410 A1=VO-2*A51
415 REM RESULTANTE DAS FORÇAS NO GRAMPO-ESTADO INICIAL
420 R1=SCR(F1X2+(W1*A1/2+P2/2)X2)
425 REM PROJECÇÃO HORIZONTAL DA CADEIA-ESTADO INICIAL
430 L1=24*S1+R1*F1/(P2X2+24*R1X2)
435 REM TESTE SE O VÃO MENOS A DISTÂNCIA ENTRE GRAMPOS
436 REM MAIS DUAS VEZES A PROJECÇÃO HORIZONTAL DA CADEIA
437 REM NÃO DIFEREM DE 1 CENTÍMETRO.
440 IF ABS(VO-(A1+2*L1))<=.01 THEN 470
445 REM NOVO VALOR DA DISTÂNCIA ENTRE GRAMPOS
450 A1=VO-2*L1
455 REM FAZER NOVA ITERAÇÃO
460 GOTO 420
465 REM PROJECÇÃO VERTICAL DA CADEIA NO ESTADO INICIAL
470 Z1=(W1*A1*L1+P2*L1)/(2*F1)
475 REM PARÂMETRO DA PARÁBOLA NO ESTADO INICIAL
480 C1=F1/W1
485 REM FORÇA VERTICAL NA ESTRUTURA NO ESTADO INICIAL
490 E1=W1*A1/2+P2
495 REM FLECHA TOTAL
500 H1=((W1*A1X2/4)+(W1*A1*L1)+(P2*L1))/(2*F1)
505 REM FLECHA PARCIAL

```

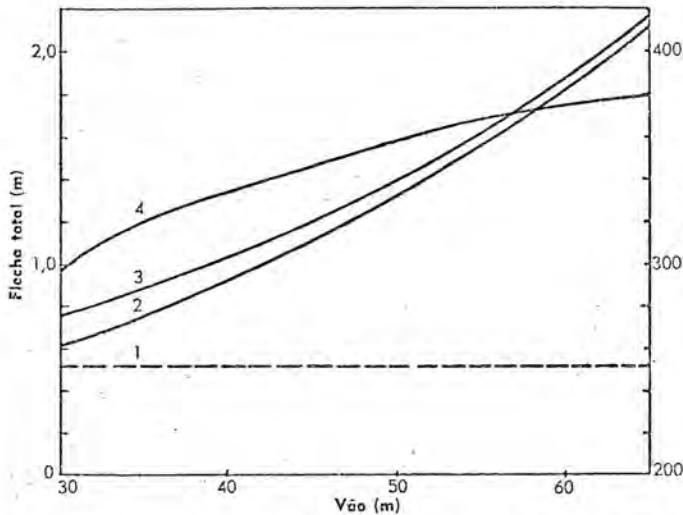


Fig. 3 — Comportamento da tração e flecha total em função do vão com duas condições de estado
 1 — Tração no estado inicial, $t_1 = 20^\circ\text{C}$ (vento nulo, $T_{01} = 268$ kgf);
 2 — flecha total no estado inicial; 3 — flecha total no estado final,
 $t = 15^\circ\text{C}$ (vento 130 km/h; 4 — tração no estado final. Peso da
 cadeia 55 kgf; comprimento da cadeia 2,05 m; peso do cabo
 0,9749 kgf/m

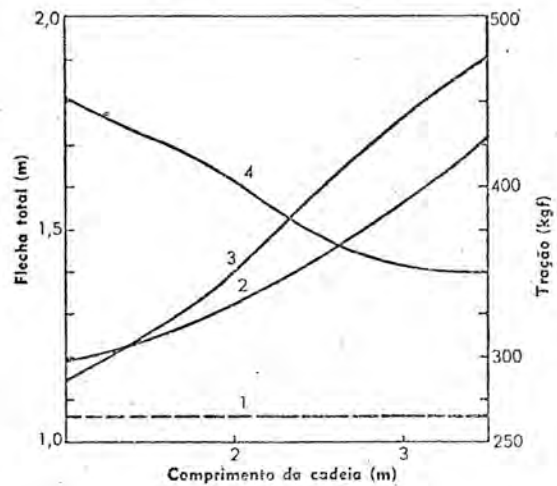


Fig. 4 — Comportamento da tração e flecha em função do comprimento da cadeia com duas condições de estado
 1 — Tração no estado inicial, $t_1 = 20^\circ\text{C}$ (vento nulo, $T_{01} = 268$ kgf); 2 — flecha total no estado inicial; 3 — flecha no estado final; 4 — tração no estado final, $t_2 = 15^\circ\text{C}$ (vento 130 km/h). Peso do cabo 0,9749 kgf/m; vão 50 m

```

510 H2=W1*A1X2/(S+F1)
515 REM DIFERENCA DE TEMPERATURA ENTRE ESTADOS
520 D1=T2-T1
525 REM PARAMETRO AUXILIAR PARA A EQ.DE MUDANCA DE ESTADO
530 K=A1*(1+A1X2/(24+D1X2))/(1-F1/(E+S))*(1+A*D1)
540 REM
550 REM CALCULO CONFORME MUDANCA DE ESTADO
555 REM SOLUCAO DA EQ.DE MUDANCA DE ESTADO PELO PROCESSO
556 REM DE NEWTON-RAPHSON
560 A2=A1
570 F2=F1
580 H=E+S*(1-A2/K)
590 N=E+S+A2X3+W2X2/(24+K)
600 F3=F2
610 F2=F2-(F2X3+N+F2X2)/(3+F2X2+2*M+F2)
615 REM A PRECISAO DA EQ.DE MUDANCA DE ESTADO E DE 1 KGF
620 IF ABS(F2-F3)<=1 THEN 640
625 REM FAZER NOVA ITERACAO
630 GOTO 600
632 REM EQUILIBRIO NO ESTADO FINAL
633 REM GRANDEZAS DO VAO NO ESTADO FINAL
634 REM PROJECAO VERTICAL DA CADEIA NO ESTADO FINAL
640 R2=SQR(F2X2+(W2+A2/2+P2/2)X2)
645 REM PROJECAO HORIZONTAL DA CADEIA NO ESTADO FINAL
650 L2=24+S1+R2+F2/(F2X2+24+R2X2)
660 A3=A2
665 REM VALOR INICIAL DA DISTANCIA ENTRE GRAMPOS
670 A2=V0-2*L2
675 REM TESTE DE PRECISAO DA DISTANCIA ENTRE GRAMPOS-1 CM
680 IF ABS(A3-A2)<=.01 THEN 710
685 REM NOVO VALOR DA DISTANCIA ENTRE GRAMPOS
690 A2=(A3+A2)/2
695 REM FAZER NOVA ITERACAO
700 GOTO 580
705 REM FORCA VERTICAL NAS ESTRUTURAS
710 Q2=E1
715 REM FLECHA TOTAL NO ESTADO FINAL
720 H3=((W2+A2X2/4)+(W2+A2*L2)+(P2*L2))/(2*F2)
725 REM FLECHA PARCIAL NO ESTADO FINAL
730 H4=W2+ACX2/(S+F2)
735 REM PROJECAO VERTICAL DA CADEIA NO ESTADO FINAL
740 Z2=(W2+A2*L2+P2*L2)/(2*F2)
750 REM
760 REM IMPRESSAO DOS RESULTADOS
761 LPRINT "::::::::::::::::::::::::::::::::::::"
762 LPRINT "*****NOME DA SUBSTACAO*****"
763 LPRINT "*****EMPRESA ENVOLVIDA*****"
764 LPRINT "P E S O U N I T A R I O D O C A B O":P1:"KGF/M"
765 LPRINT "PESO DA CADEIA DE ISOLADORES ":P2:"KGF"
766 LPRINT "VAO-DISTANCIA ENTRE ESTRUTURAS ":V0:"M"
767 LPRINT "O COMPRIMENTO DA CADEIA E":S1:"M"
768 LPRINT "O PESO DA CADEIA DE ISOLADORES E":P2
769 LPRINT "O TIPO DA CADEIA DE ISOLADORES E":IC
770 LPRINT "O NUMERO DE ISOLADORES DA CADEIA E":N9
775 LPRINT "*****"
777 LPRINT " e S T A D O I N I C I A L
780 LPRINT " A TEMPERATURA E":T1:"GRAUS CENTIGRADOS"
785 LPRINT " A VELOCIDADE DO VENTO E":V1:"KM/H"
790 LPRINT " A TENSAO HORIZONTAL E":F1:"KGF"
810 LPRINT " O VAO ENTRE GRAMPOS E":A1:"METROS"

```

```

810 LPRINT "A PROJECAO HORIZONTAL DA CADEIA E":L1:"METROS"
820 LPRINT "A PROJECAO VERTICAL DA CADEIA E":Z1:"METROS"
830 LPRINT "A FLECHA PARCIAL E":H2:"METROS"
840 LPRINT "A FLECHA TOTAL E":H1:"METROS"
850 LPRINT "A FORCA VERTICAL NA ESTRUTURA E":E1:"KGF"
860 LPRINT "*****"
870 LPRINT " e S T A D O F I N A L
880 LPRINT " A TEMPERATURA E":T2:"GRAUS CENTIGRADOS"
895 LPRINT " A VELOCIDADE DO VENTO E":V2:"KM/H"
890 LPRINT " A TENSAO HORIZONTAL E":F2:"KGF"
900 LPRINT " O VAO ENTRE GRAMPOS E":A2:"METROS"
910 LPRINT "A PROJECAO HORIZONTAL DA CADEIA E":L2:"METROS"
920 LPRINT "A PROJECAO VERTICAL DA CADEIA E":Z2:"METROS"
930 LPRINT "A FLECHA PARCIAL E":H4:"METROS"
940 LPRINT "A FLECHA TOTAL E":H3:"METROS"
950 LPRINT "A FORCA VERTICAL NA ESTRUTURA E":Q2:"KGF"
970 END

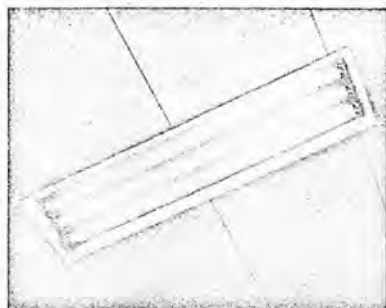
```

```

*****ESCOLA FEDERAL DE ENGENHARIA DE ITAJUBA*****
PROFS. GARCIO TADEU DE ALMEIDA E AFONSO HENRIQUES
MOREIRA SANTOS***** DPJ / IEM *****
PROGRAMA PARA CALCULAR AS CONDICAOES DE EQUILIBRIO
EM VAO CURTOS DE LINHAS AEREAS DE TRANSMISSAO
OU EM SUBSTACOES ::::::::::::::::::::::::::::::
*****
* LINGUAGEM BASIC PARA MICROCOMPUTADORES PESSOAIS*
*****
*****NOME DA SUBSTACAO*****TRINDADE
*****EMPRESA ENVOLVIDA*****CELESC
P E S O U N I T A R I O D O C A B O .9749 KGF/M
PESO DA CADEIA DE ISOLADORES 55 KGF
VAO-DISTANCIA ENTRE ESTRUTURAS 50 M
O COMPRIMENTO DA CADEIA E 2.05 M
O PESO DA CADEIA DE ISOLADORES E 55
O TIPO DA CADEIA DE ISOLADORES E57-254-V8C8-VIFOSA
O NUMERO DE ISOLADORES DA CADEIA E 11
*****
e S T A D O I N I C I A L
A TEMPERATURA E 20 GRAUS CENTIGRADOS
A VELOCIDADE DO VENTO E 0 KM/H
A TENSAO HORIZONTAL E 268 KGF
O VAO ENTRE GRAMPOS E 45.976 METROS
A PROJECAO HORIZONTAL DA CADEIA E 2.01194 METROS
A PROJECAO VERTICAL DA CADEIA E .374693 METROS
A FLECHA PARCIAL E .961166 METROS
A FLECHA TOTAL E 1.32586 METROS
A FORCA VERTICAL NA ESTRUTURA E 77.411 KGF
*****
E S T A D O F I N A L
A TEMPERATURA E 15 GRAUS CENTIGRADOS
A VELOCIDADE DO VENTO E 130 KM/H
A TENSAO HORIZONTAL E 401.706 KGF
O VAO ENTRE GRAMPOS E 45.9562 METROS
A PROJECAO HORIZONTAL DA CADEIA E 2.02188 METROS
A PROJECAO VERTICAL DA CADEIA E .328769 METROS
A FLECHA PARCIAL E 1.05178 METROS
A FLECHA TOTAL E 1.41057 METROS
A FORCA VERTICAL NA ESTRUTURA E 77.411 KGF

```

iluminação comercial e industrial



CONSULTE-NOS



REATORES E LUMINÁRIAS FLUORESCENTES E H.O.

Para Forros:

- Forrovid
- Pacote
- Isopor
- Gesso
- Fibraroc
- Eucavid
- Paraline
- Etc.

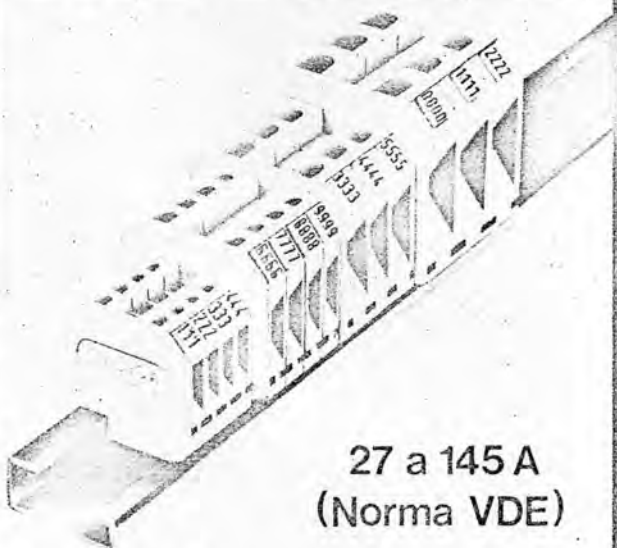


PROLUMI

Ind. e Com. de Iluminação Ltda.
Rua Newton Braga, 592 (V. Maria)
Fones: 92-0891, 92-4875, 292-1752 e 264-2333
CEP 02120 São Paulo, SP

SERVIÇO DE INFORMAÇÕES N.º 284

BORNES UNIPOLARES



27 a 145 A
(Norma VDE)

SISA - Soc. Eletrom. Ltda.

Fabrica e escritórios: Rua Porto Folho, 301 (Cumbica)
Fone: PABX 912-5111 — Telex (011) 33429 SSOE BR
07000 Guarulhos, SP
Caixa Postal 8421 — 01000 São Paulo, SP

Apresentação de resultados

A listagem do computador, apresentada anteriormente, precede a saída dos resultados. Como se pode observar, aparecem os dados do cabo, da cadeia de isoladores, o estado inicial, já com as grandezas de flechas e trações calculadas, bem como o estado final com as mesmas grandezas.

A fig. 3 apresenta o comportamento da flecha total e tração horizontal, para duas condições de estado descritas, variando o vão entre os pontos de suspensão. Observa-se que a tração varia de uma forma crescente, mas não monótona. Isto em virtude da complexa interação entre o balanço da cadeia e variação do vão de cabo, e o esforço de vento, o que não é fácil de prever à "primeira vista".

Na fig. 4 a complexidade fica ainda mais evidenciada, com a mudança do tamanho da cadeia de isoladores, mantido o vão. Observe-se o cruzamento das curvas 2 e 3, o que é imprevisível só conceitualmente.

Neste caso, as curvas de flecha também não são monótonas.

NOMENCLATURA

- A = Distância entre grampo, m
- C = Parâmetro da parábola = T_o/P_c , m
- D = Distância linear entre grampos, m
- E = Módulo de elasticidade, kgf/mm²
- F_s = Flecha total, m
- f_s = Flecha parcial, m
- F_o = Flecha auxiliar total, m
- f_o = Flecha auxiliar parcial, m
- H = Diferença de nível entre estruturas, m
- h = Diferença de nível entre grampos, m
- K = Parâmetro auxiliar, m
- L = Comprimento do cabo no chão, m
- L_E = Projeção horizontal da cadeia esquerda, m
- m = Distância horizontal do grampo até o vértice do cabo, m
- P_t = Peso da cadeia de isoladores, kgf
- P_c = Peso do condutor, kgf/m
- q = Peso da cadeia por comprimento, kgf/m
- R = Resultado das forças no grampo, kgf
- T = Tração horizontal no cabo, kgf
- t = Temperatura no cabo, °C
- V = Vão, m
- V_A = Força vertical na estrutura A, kgf
- Z_E = Projeção vertical da cadeia esquerda, m
- Z_D = Projeção vertical da cadeia direita, m

BIBLIOGRAFIA

1. Bodak, Alexandre. Cálculo das flechas em barramento de subestações, Mundo Elétrico, Setembro 1972, pgs. 29-31.
2. Austin, T. M., Determine Insulator Effect on Tension and Sag for Short and Approximately Level Spans, Electrical World, April 4, 1955, pgs. 100-101.
3. Horugel, Herbert. Esforços e flechas em condutores aéreos de subestações, Mundo Elétrico, 1978, pgs. 50-55.
4. Fuchs, Rubens Dario-Almeida, Márcio Tadeu, Projetos Mecânicos das Linhas Aéreas de Transmissão, Ed. Edgard Blücher, 1981.
5. Transmission Line Design, Manual Water Resources, Technical Publications (Bureau of Reclamation), USA, 1981.