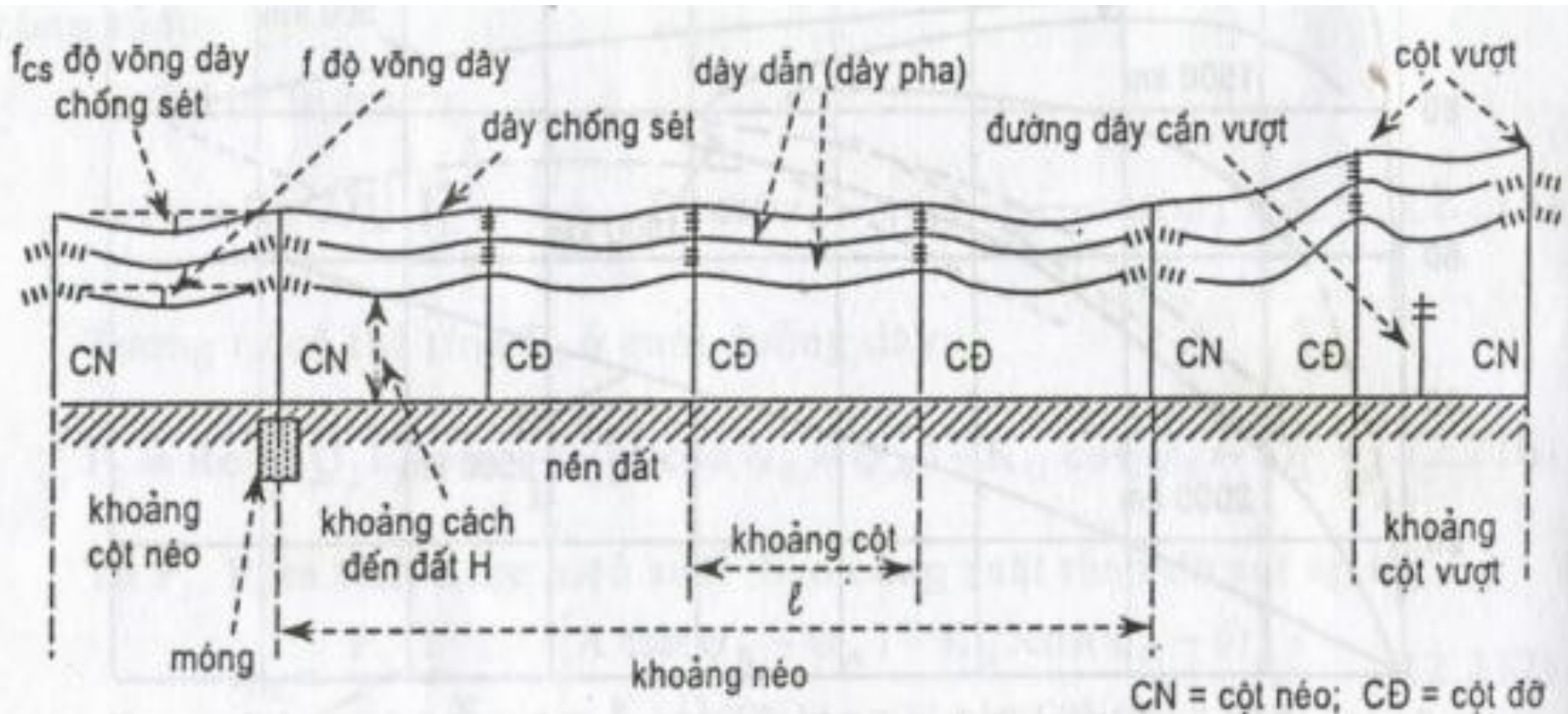


TÍNH TOÁN CƠ HỌC ĐƯỜNG DÂY TẢI ĐIỆN TRÊN KHÔNG

3.1 KHÁI NIỆM CHUNG VỀ ĐƯỜNG DÂY TRÊN KHÔNG

3.1.1 Cấu tạo chung



3.1 KHÁI NIỆM CHUNG VỀ ĐƯỜNG DÂY TRÊN KHÔNG

3.1.2 Dây dẫn

-Dây Pháp: Dây hợp kim nhôm dùng ở Pháp có tên Almelec được tiêu chuẩn bằng ký hiệu AGS/L

-Dây Nga: được ký hiệu bằng chữ cái và chữ số:

+Chữ cái dùng chỉ vật liệu làm ra dây đó. M: đồng, A: nhôm, AC: nhôm lõi thép, ACY: nhôm lõi thép tăng cường, ПС: thép

+Chữ số chỉ tiết diện của dây dẫn (mm^2)

-Dây Mỹ: đơn vị đo lường của Mỹ khác với đơn vị đo lường quốc tế

+Circular mil (CM) dùng làm đơn vị của tiết diện dây, là tiết diện tròn có đường kính 1 mil hay 0,001inch.

$$1\text{CM}=05,067 \times 10^{-4} \text{mm}^2=5 \times 10^{-4} \text{mm}^2.$$

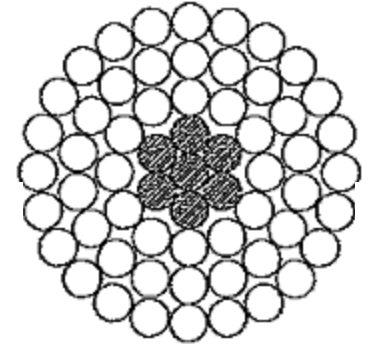
Bội số của CM là MCM, $1\text{MCM}=1000\text{CM} \approx 0,5 \text{mm}^2$.

+VD: Dây ACSR 759MCM= $759 \times 0,5=379 \times 0,5 \text{mm}^2$ tương đương với dây ACO400 hay ACY400 của Nga



3.1 KHÁI NIỆM CHUNG VỀ ĐƯỜNG DÂY TRÊN KHÔNG

4.1.1 Cấu tạo dây dẫn trên không



ACSR (Aluminum Conductors Steel Reinforced)

AAC (All-Aluminum Conductor)

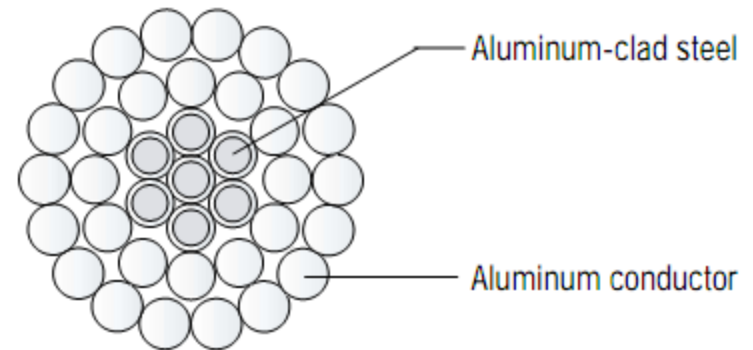
AAAC (All-Aluminum-Alloy Conductor)

ACAR (Aluminum Conductor Aluminum – Alloy Reinforced)

ACCC (Aluminum Conductor composite Core)

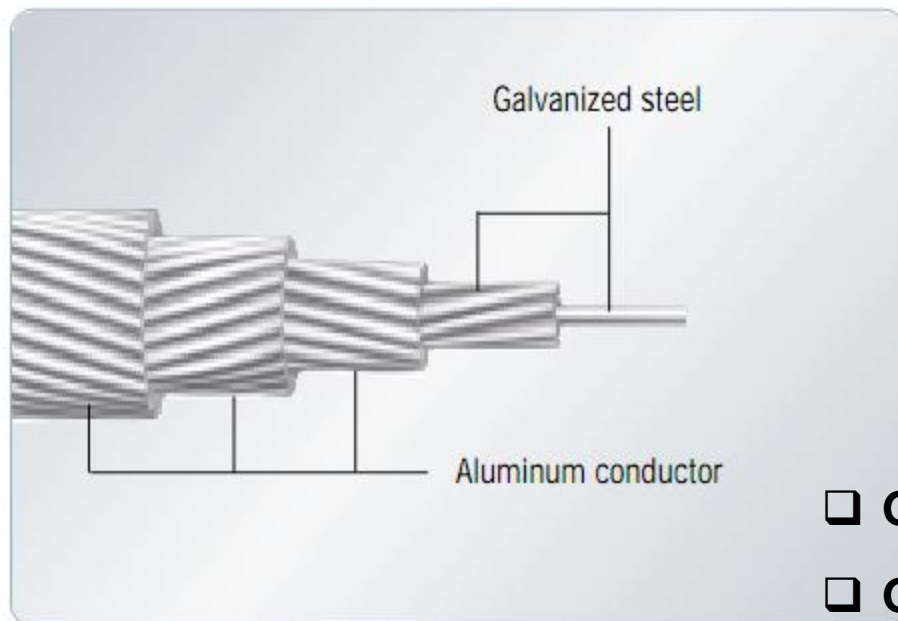
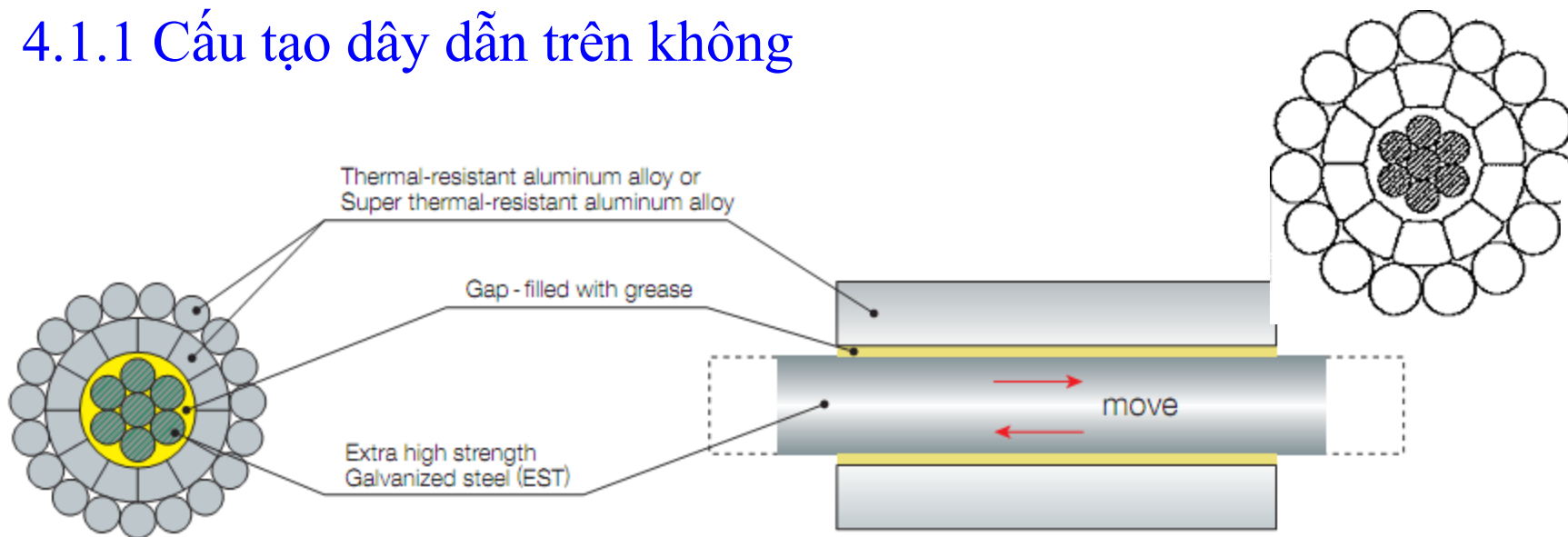
GTACSR (Gap type thermal-resistant aluminum alloy conductor steel reinforced)

GZTACSR (Gap type super thermal-resistant aluminum alloy conductor steel reinforced)



3.1 KHÁI NIỆM CHUNG VỀ ĐƯỜNG DÂY TRÊN KHÔNG

4.1.1 Cấu tạo dây dẫn trên không

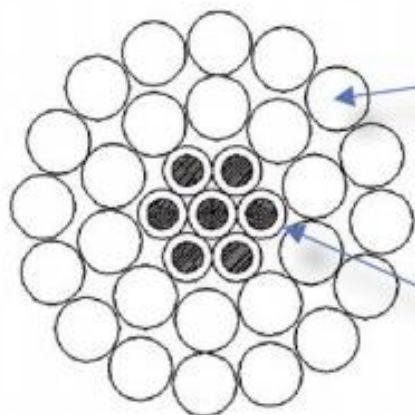


- GTACSR
- GZTACSR

3.1 KHÁI NIỆM CHUNG VỀ ĐƯỜNG DÂY TRÊN KHÔNG

4.1.1 Cấu tạo dây dẫn trên không

INVAR TYPE CONDUCTOR (ZTACIR)



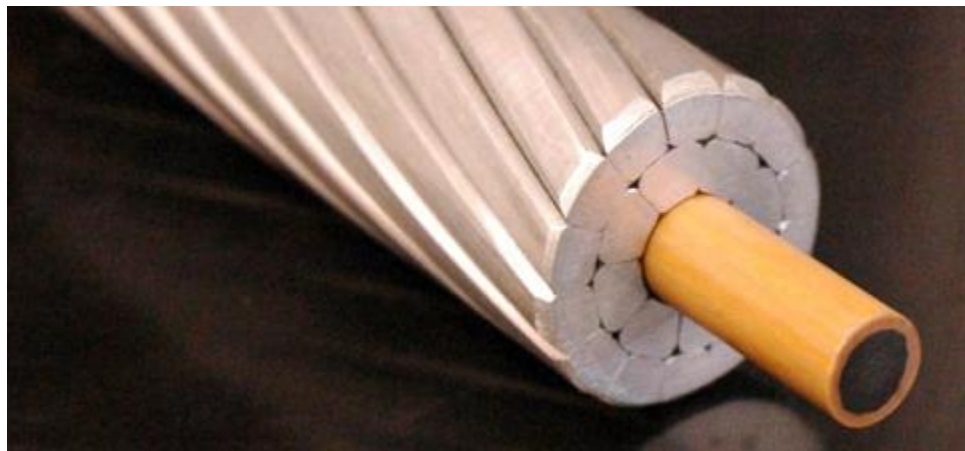
Round Al wires
ZTAL – Super Heat resistant

High Strength Invar- Al Clad
core



The construction of ZTACIR conductor is similar to standard ACSR, but the main difference is the material used for the core that is Invar alloy. Invar alloy contains 36% of Nickel and provides to the material a very low coefficient of thermal expansion.

□ ACCC



3.1 KHÁI NIỆM CHUNG VỀ ĐƯỜNG DÂY TRÊN KHÔNG

4.3 Dây dẫn

Dây dẫn đồng nhiều sợi

Tiết diện định mức chuẩn (cm ²)	Số sợi và đường kính dây (cm)	Đường kính ngoài (cm)	Trọng lượng mỗi km (kg)	Điện trở mỗi km ở 20 ⁰ C (Ω)	Lực căng đứt dây (kg)
0,161	3/0,264	0,569	147,5	1,0870	689,5
0,322	3/0,374	0,805	294,5	0,5440	1324,5
0,374	7/0,264	0,795	344,0	0,4060	1605,7
0,484	7/0,295	0,889	428,0	0,3745	1973,1
0,645	7/0,345	1,036	590,0	0,2725	2662,6
0,968	7/0,422	1,265	877,0	0,1825	3869,1
1,290	19/0,295	1,473	1168,0	0,1385	5261,7
1,613	19/0,327	1,664	1490,0	0,1085	6622,4

3.1 KHÁI NIỆM CHUNG VỀ ĐƯỜNG DÂY TRÊN KHÔNG

4.3 Chọn dây dẫn

Dây dẫn nhôm lõi thép

Tiết diện tương đương đồng định mức (cm ²)	Số sợi và đường kính		Đường kính ngoài (cm)	Điện trở mỗi km (Ω)	Trọng lượng mỗi km ở 20 ⁰ C (kg)	Lực căng của dây dẫn tổng hợp (kg)
	Nhôm (cm ²)	Thép (cm ²)				
0,161	6/0,236	1/0,236	0,708	1,0891	106,2	954,8
0,322	6/0,335	1/0,335	1,005	0,5400	214,0	1864,3
0,374	6/0,365	1/0,365	1,097	0,4550	255,0	2204,5
0,484	6/0,409	1/0,409	1,227	0,3640	318,0	2742,0
0,645	6/0,472	1/0,157	1,417	0,2720	395,0	3311,2
0,645	7/0,439	7/0,193	1,458	0,2700	451,0	4152,6
0,805	30/0,236	7/0,236	1,654	0,2200	605,0	5764,0
0,968	30/0,259	7/0,259	1,814	0,1832	728,0	6883,0
1,125	30/0,279	7/0,279	1,956	0,1572	847,0	7953,0
1,290	30/0,299	7/0,299	2,073	0,1370	975,0	9098,0
1,613	30/0,335	7/0,335	2,347	0,1091	1218,0	1306,0

4.2 Cột

Cột gỗ, BTLT, cột thép, ..

Cột néo và néo góc: giữ chắc đầu dây nối vào cột qua chuỗi sứ néo; cột néo góc dùng khi đường dây đổi hướng.

Cột đỡ và đỡ góc: đỡ dây dẫn bằng chuỗi sứ đỡ. Khi ĐD đổi hướng từ 10^0 - 20^0 thì dùng cột đỡ góc.

Cột cuối: dùng ở đầu và cuối ĐD, cột vượt sử dụng để vượt các chướng ngại: sông, ĐD điện, thông tin,





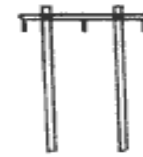
115 kV Wood H-Frame
Average height 65'
Average span 750'



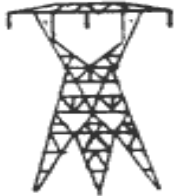
115 kV Improved Appearance
Double Circuit
Average height 70' - 90'
Average span 350' - 900'



115 kV Steel Lattice
Average height 75'
Average span 1150'



230 kV Wood H-Frame
Average height 70'
Average span 750'



230 kV Steel Lattice
Average height 85'
Average span 1150'



230 kV Steel Lattice
Double Circuit
Average height 120'
Average span 1150'



230 kV Improved Appearance
Average height 110'
Average span 900'



230 kV Improved Appearance
Double Circuit
Average height 115'
Average span 900'



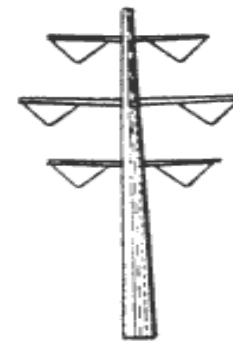
500 kV Lattice
Average height 135'
Average span 1150'



500 kV Lattice
Average height 125'
Average span 1150'



500 kV Steel Lattice
Double Circuit
Average height 170'
Average span 1150'



500 kV Improved Appearance
Double Circuit
Average height 170'
Average span 1150'

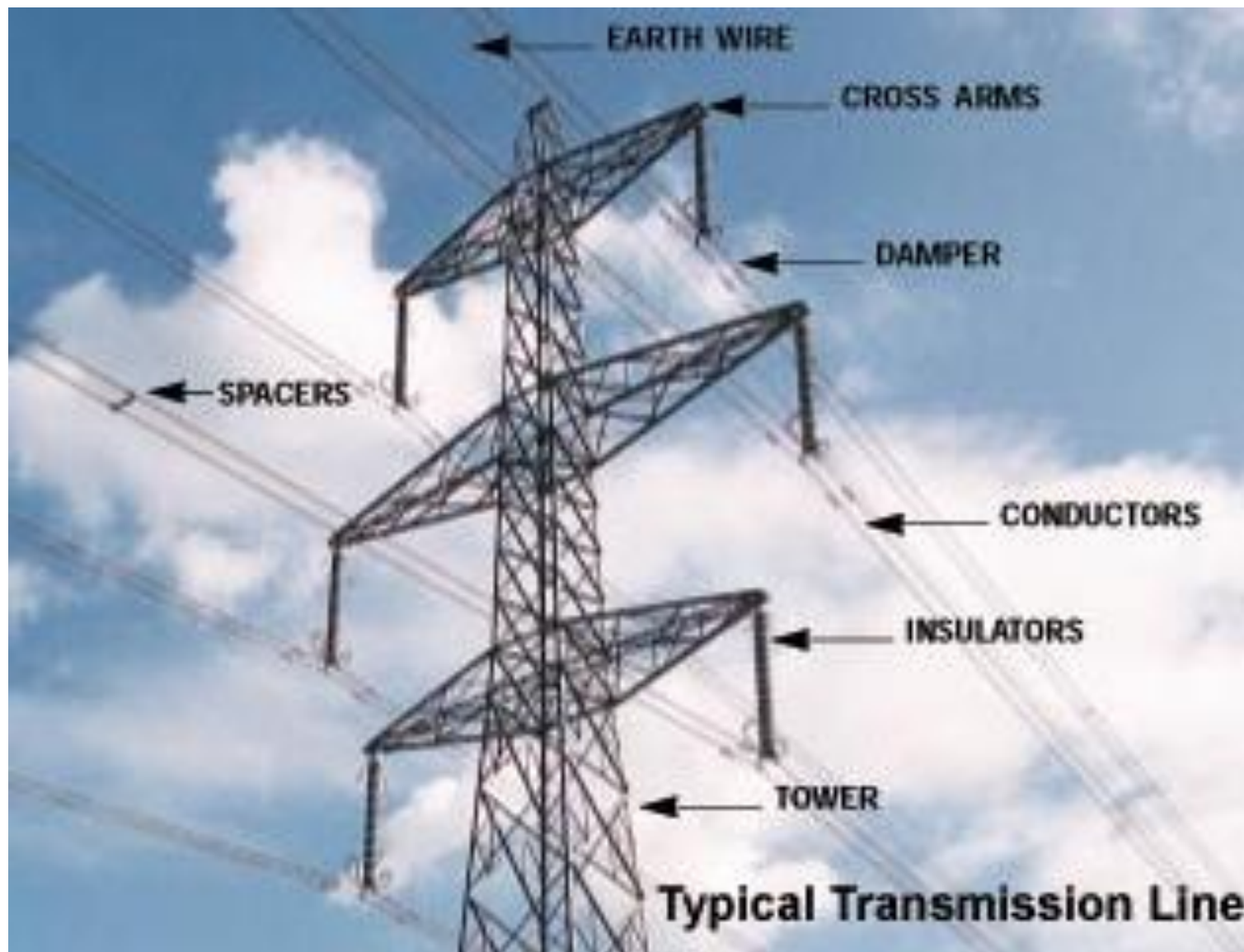
3.1 KHÁI NIỆM CHUNG VỀ ĐƯỜNG DÂY TRÊN KHÔNG

Các đặc trưng của cột

- a. Khoảng cột tính toán L_{tt} : khoảng cách dài nhất giữa hai cột kề nhau khi ĐD đi trên mặt phẳng thoả các ĐK:
 - Khoảng cách an toàn đến đất của dây thấp nhất trong trạng thái nóng nhất vừa bằng với khoảng cách yêu cầu của quy phạm.
 - Ứng suất xảy ra trong trạng thái làm việc lạnh nhất, bão và nhiệt độ trung bình năm phải nhỏ hơn ứng suất cho phép trong các trạng thái đó.
- b. Khoảng cột trọng lượng: là chiều dài đoạn dây hai bên khoảng cột mà trọng lượng của nó tác động lên cột. Mỗi loại cột đều được tính toán cho khoảng cột trọng lượng tiêu chuẩn $L_{TLTC} = 1,25L_{TT}$
- c. Khoảng cột gió: là chiều dài đoạn dây hai bên cột mà áp lực gió lên đoạn dây này tác động lên cột
KC trọng lượng và KC gió là hai đại lượng quan trọng để kiểm tra khi chia cột
Các lực kép quan trọng tác động lên cột khi chia cột phải kiểm tra

3.1 KHÁI NIỆM CHUNG VỀ ĐƯỜNG DÂY TRÊN KHÔNG

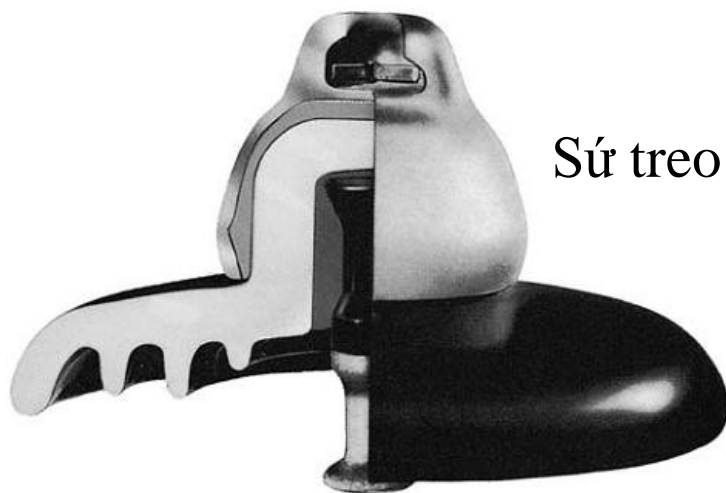
3.1.1.4 Sứ cách điện và phụ kiện



3.1 KHÁI NIỆM CHUNG VỀ ĐƯỜNG DÂY TRÊN KHÔNG

4.6 Sứ cách điện

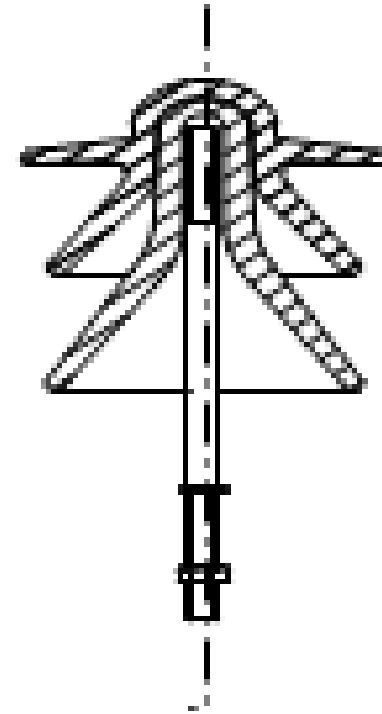
Sứ cách điện được thiết kế và sản xuất cho cấp điện áp cố định, điện thế tối đa cho mỗi bát sứ là 35kV



3.1 KHÁI NIỆM CHUNG VỀ ĐƯỜNG DÂY TRÊN KHÔNG

a) Sứ kiểu đứng.

Thường gọi là sứ đứng, được chế tạo để dùng ở các đường dây có điện áp nhỏ hơn 35kV. Kinh nghiệm vận hành sứ ở nước ta cho thấy rằng, việc nhập mua sứ của nước ngoài chưa nhiệt đới hoá cần phải chú ý trong điều kiện khí hậu ẩm ướt hay bị rò điện và sạt sứ cố đường dây.



3.1 KHÁI NIỆM CHUNG VỀ ĐƯỜNG DÂY TRÊN KHÔNG

b) Sứ kiểu treo.

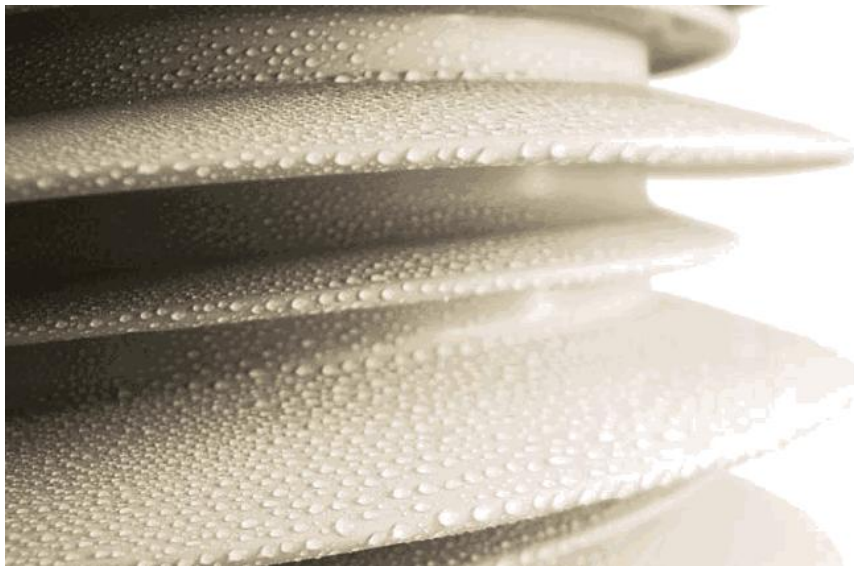
Sứ kiểu treo thường gọi là sứ treo hay sứ chuỗi . Mỗi chuỗi gồm nhiều bát sứ. Loại sứ này được dùng ở đường dây có điện áp lớn hơn 35kV. Dùng sứ treo rất tiện vì ta chỉ việc lắp nhiều bát sứ nối tiếp nhau thành từng chuỗi nhiều hay ít tùy theo điện áp vận hành của đường dây cao hay thấp.

Các đường dây đi qua khu vực có bụi và hoá chất phải dùng loại sứ chống bụi.

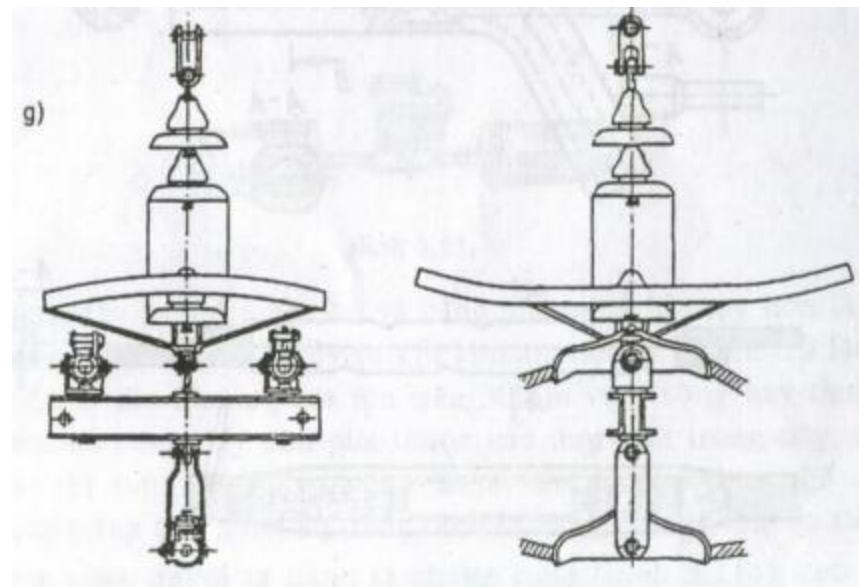
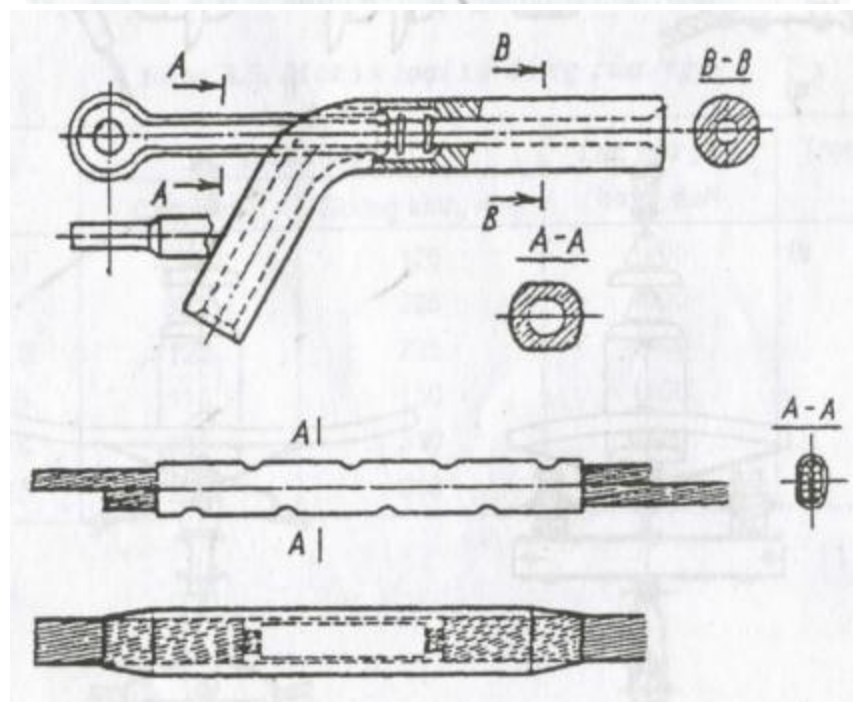
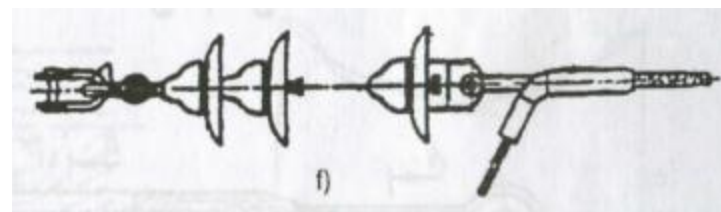
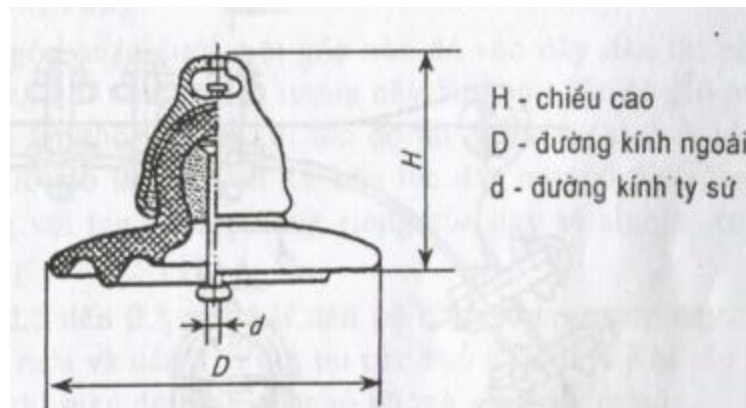
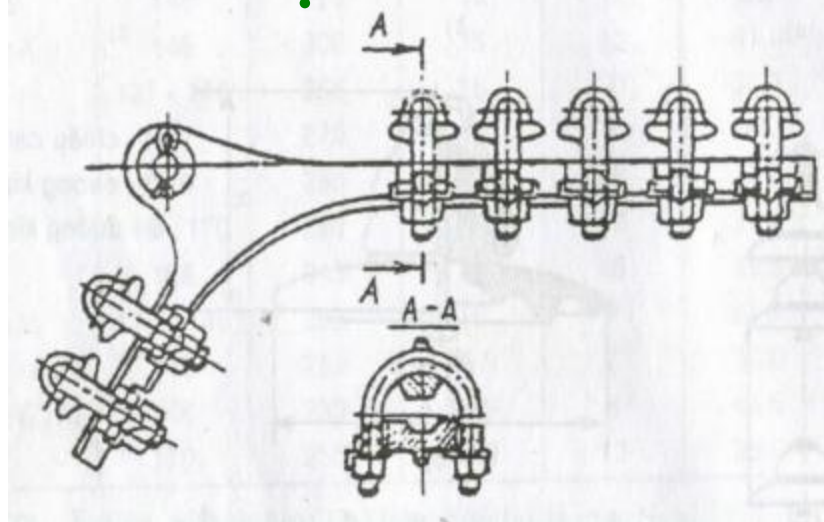


3.1 KHÁI NIỆM CHUNG VỀ ĐƯỜNG DÂY TRÊN KHÔNG

c) Sứ composite..



3.1 KHÁI NIỆM CHUNG VỀ ĐƯỜNG DÂY TRÊN KHÔNG



3.1 KHÁI NIỆM CHUNG VỀ ĐƯỜNG DÂY TRÊN KHÔNG

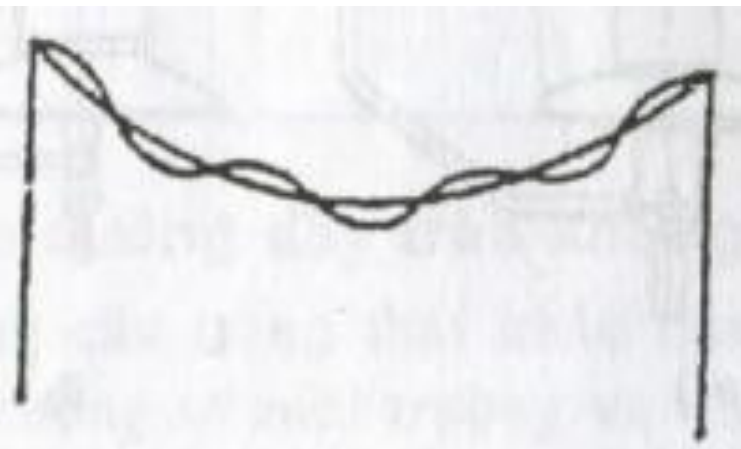
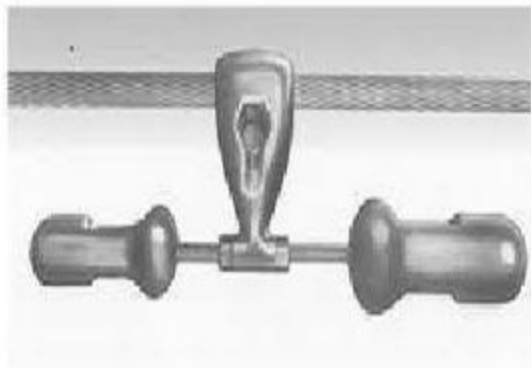


3.1 KHÁI NIỆM CHUNG VỀ ĐƯỜNG DÂY TRÊN KHÔNG

3.1.1.5 Thiết bị chống rung

Khi tốc độ gió đạt 0,6 – 0,8m/s bắt đầu có hiện tượng rung dây.

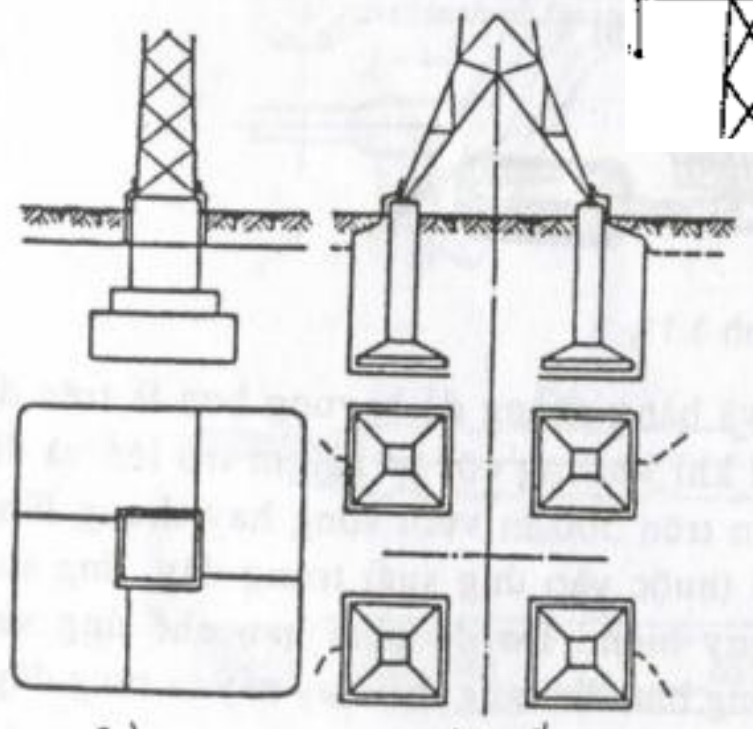
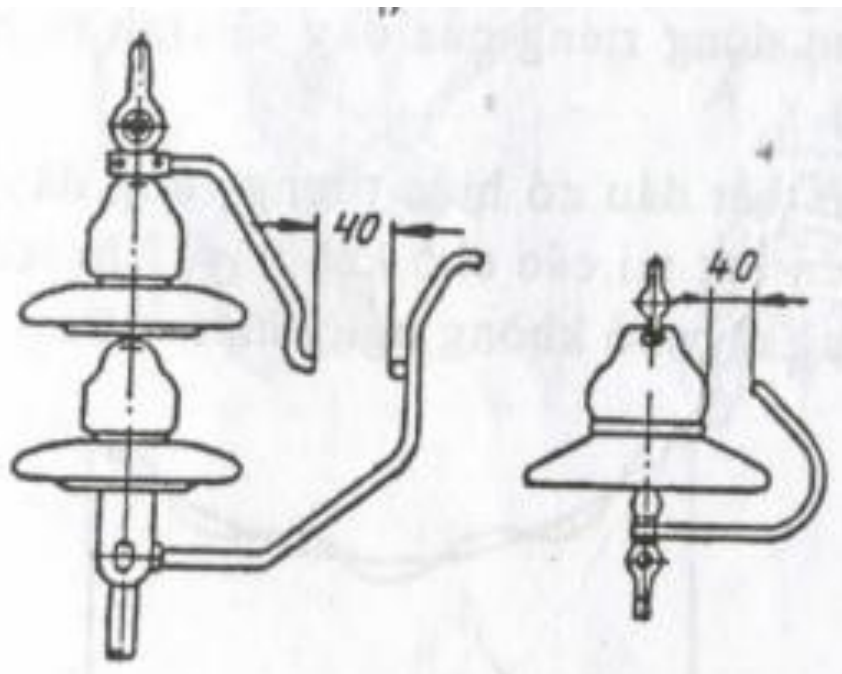
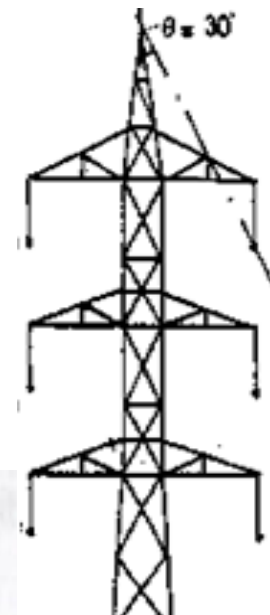
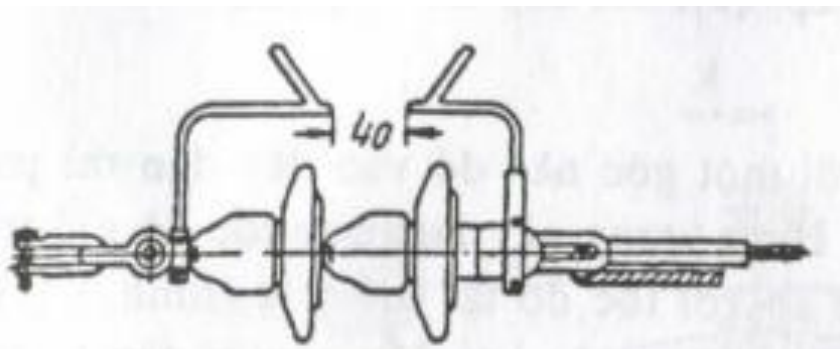
Độ nguy hiểm do rung dây còn phụ thuộc vào ứng suất trong dây, ứng suất càng lớn → rung dây càng nguy hiểm



3.1 KHÁI NIỆM CHUNG VỀ ĐƯỜNG DÂY TRÊN KHÔNG

3.1.1.6 Thiết bị chống quá điện áp

- Dùng dây chống sét.
- Nối đất.
- Đặt chống sét van.
- Tạo khe hở phóng điện



3.1 KHÁI NIỆM CHUNG VỀ ĐƯỜNG DÂY TRÊN KHÔNG

4.7 Thông số đặc trưng của các đường dây trên không

Điện áp (kV)	Cột	Khoảng cột (m)	Điện áp (kV)	Cột	Khoảng cột (m)
6 (10)	BTCT	80 ÷ 150	220	BTCT Thép	220 ÷ 300 350 ÷ 400
35	BTCT Thép	200 ÷ 260 220 ÷ 270	500	BTCT Thép	250 ÷ 300 300 ÷ 450
110	BTCT Thép	220 ÷ 270 250 ÷ 350			

3.1.2 CÁC TRẠNG THÁI LÀM VIỆC CỦA ĐDTK

ĐDTK vận hành trong các trạng thái khác nhau, mỗi trạng thái được đặc trưng bởi tập hợp thông số môi trường và tình trạng dây dẫn, DCS.

Trạng thái môi trường ở đây là thời tiết được cho bởi hai thông số đặc trưng:

- Tốc độ gió: lấy hướng vuông góc với chiều dài ĐD hoặc xiên 45°
- Nhiệt độ không khí
- Các thông số môi trường khác như độ ô nhiễm của không khí, độ ẩm, ... được sử dụng để chọn sứ cách điện và vật liệu dây dẫn



3.1.2 CÁC TRẠNG THÁI LÀM VIỆC CỦA ĐDTK

3.1.2.1 Các trạng thái làm việc của ĐD trên không

Trạng thái bình thường: dây dẫn bình thường+ t^0 không khí+tốc độ gió

Thông số nhiệt độ: theo quy phạm lấy bằng t^0 môi trường xung quanh

Trạng thái làm việc bình thường DD chịu các tác động cơ học sau:

- Trọng lượng riêng làm dây võng xuống & gây ra ứng suất trong dây.
- Gió bão gây ra ứng suất phụ thêm với trọng lượng dây làm dây lệch khỏi mặt phẳng thẳng đứng.
- Gió nhẹ & luôn thay đổi tốc độ làm dây bị rung động, gây tác động mỏi dẫn đến đứt dây ở các chỗ kẹp dây.
- Nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ chế tạo dây làm dây co lại.
- Nhiệt độ cao hơn nhiệt độ chế tạo dây làm dây võng xuống nhiều hơn.

Cột & thân cột và các xà chịu các tác động:

- Trọng lượng DD, sứ, cột.
- Sức ép của gió lên dây, sứ, cột.
- Lực kéo của DD ở cột néo, góc và cột cuối do ứng suất.

3.1.2 CÁC TRẠNG THÁI LÀM VIỆC CỦA ĐDTK

3.1.2.1 Các trạng thái làm việc của ĐD trên không

Trạng thái	Điều kiện tính toán		
	Nhiệt độ($^{\circ}\text{C}$)	Áp lực gió (daN)	Tốc độ gió (m/s)
1. Nhiệt độ không khí thấp nhất	5	0	0
2. Trạng thái bão	25	q_{vmax}	v_{max}
3. Nhiệt độ không khí trung bình	25	0	0
4. Nhiệt độ không khí cao nhất	40	0	0
5. Trạng thái quá điện áp khí quyển	20	$0,1 q_{vmax}$ nhưng $\geq 6,25 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2}$	$v \approx 0,3 v_{max}$

1kG lực=0,98daN; q_{vmax} áp lực gió lớn nhất trong khu vực ĐD đi qua

3.1.2 CÁC TRẠNG THÁI LÀM VIỆC CỦA ĐDTK

3.1.2.1 Các trạng thái làm việc của ĐD trên không

Hai trạng thái đầu gây ứng suất cao nhất trong dây dẫn ứng với khoảng vượt L đã cho. Trạng thái có ứng suất lớn nhất xảy ra gọi là trạng thái ứng suất lớn nhất \rightarrow tính toán treo dây.

Trạng thái 3 để tính dây dẫn theo ứng suất cho phép chống rung.

Trạng thái 4: kiểm tra khoảng cách an toàn của DD với đất.

Trạng thái 5: kiểm tra độ lệch sứ.

3.1.2.2 Trạng thái sự cố

Một hoặc hai dây bị đứt + nhiệt độ + tốc độ gió

Khi thi công ĐD, độ võng được lấy theo điều kiện thực tế thi công sao cho khi DD rơi vào trạng thái 1, 2, 3 ứng suất trong DD nhỏ hơn ứng suất cho phép, trạng thái 4, độ võng không lớn hơn độ võng yêu cầu

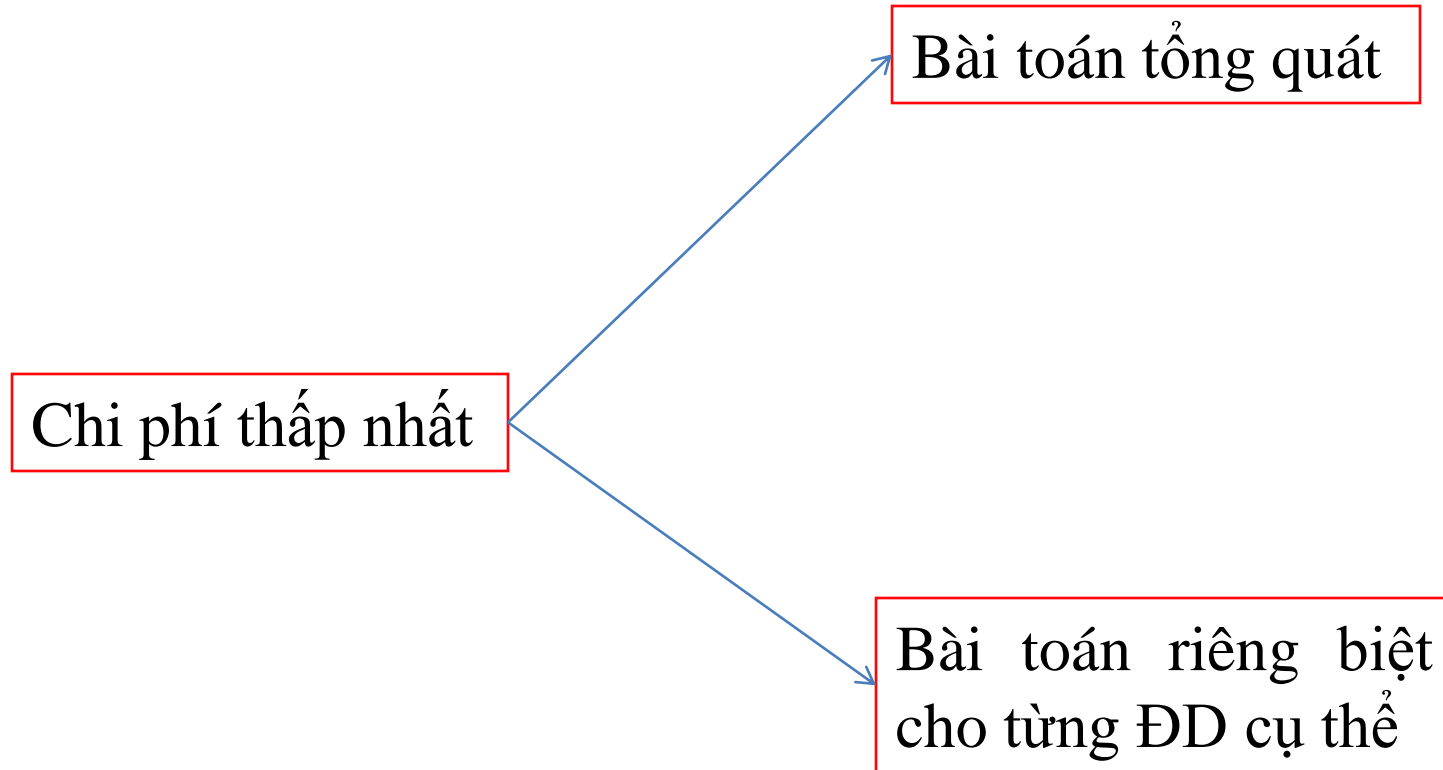
3.1.3 CÁC YÊU CẦU KT-KT KHI THIẾT KẾ ĐDTK

3.1.3.1 Yêu cầu kỹ thuật

1. Các phần tử của ĐD không được hư hỏng làm ĐD phải ngưng công tác trong trạng thái vận hành bình thường và sự cố.
2. Không được để xảy ra các tình huống làm ảnh hưởng đến chế độ tải điện của ĐD.
3. Không được ảnh hưởng đến sự hoạt động bình thường của các công trình dưới hoặc lân cận ĐDTK.
4. Không được ảnh hưởng đến an toàn điện đối với người và gia súc hoạt động dưới hoặc lân cận ĐDTK

3.1.3 CÁC YÊU CẦU KT-KT KHI THIẾT KẾ ĐDTK

3.1.3.1 Yêu cầu kinh tế



3.1.4 CÁC TIÊU CHUẨN THIẾT KẾ ĐDTK

3.1.4.1 KCAT giữa ĐDTK với đất và các công trình lân cận

Khoảng cách thẳng đứng từ điểm thấp nhất của dây dẫn đến mặt đất tự nhiên, trong chế độ làm việc bình thường không được nhỏ hơn:

5,5m đối với ĐDK điện áp đến 35kV

6m đối với ĐDK điện áp đến 110kV

7m đối với ĐDK điện áp 220kV

Ở khu vực khó đến, khoảng cách trên cho phép giảm đi 1m, ở chỗ rất khó đến (như mỏm đá, vách núi v.v.) cho phép giảm đi 3m.

Đối với ĐDK 500kV quy định như sau:

Vùng ít dân cư: 10m

Vùng khó qua lại: 8m

Những nơi người đi bộ khó đến (như mỏm đá, dốc núi v.v.): 6m

3.1.4 CÁC TIÊU CHUẨN THIẾT KẾ ĐDTK

3.1.4.1 KCAT giữa ĐDTK với đất và các công trình lân cận

Khoảng cách ngang từ mặt phẳng thẳng đứng của dây dẫn ngoài cùng của ĐDK ở trạng thái tĩnh đến bộ phận nhô ra gần nhất của nhà cửa hoặc công trình (hành lang bảo vệ) không nhỏ hơn:

2m đối với ĐDK điện áp đến 22kV

3m đối với ĐDK điện áp 35kV

4m đối với ĐDK điện áp 110kV

6m đối với ĐDK điện áp 220kV

7m đối với ĐDK điện áp 500kV

3.1.4 CÁC TIÊU CHUẨN THIẾT KẾ ĐDTK

3.1.4.1 KCAT giữa ĐDTK với đất và các công trình lân cận

Khoảng cách ngang từ mặt phẳng thẳng đứng của dây dẫn ngoài cùng của ĐDK ở trạng thái tĩnh đến bộ phận nhô ra gần nhất của nhà cửa hoặc công trình (hành lang bảo vệ) không nhỏ hơn:

2m đối với ĐDK điện áp đến 22kV

3m đối với ĐDK điện áp 35kV

4m đối với ĐDK điện áp 110kV

6m đối với ĐDK điện áp 220kV

7m đối với ĐDK điện áp 500kV

Khoảng cách ĐDK 500kV giao chéo hoặc đi gần đường ô tô (kể cả đoạn cong của đường ô tô) không được nhỏ hơn các trị số sau:

a. Khoảng cách theo chiều thẳng đứng:

Từ dây dẫn đến mặt đường: 10m

Từ dây dẫn đến phương tiện vận tải: 5,5m

b. Khoảng cách theo chiều ngang từ bất cứ bộ phận nào của cột đến mép nền đường khi giao chéo và song song: 10m

3.1.4 CÁC TIÊU CHUẨN THIẾT KẾ ĐDTK

3.1.4.1 KCAT giữa ĐDTK với đất và các công trình lân cận

Chiều dài khoảng cột (m)	Với khoảng cách nhỏ nhất từ chỗ giao chéo đến cột gần nhất của ĐDK (m)					
	30	50	70	100	120	150
Khi ĐDK 500kV giao chéo với nhau và giao chéo với ĐDK điện áp thấp hơn						
200	5	5	5	5,5	-	-
300	5	5	5,5	6	6,5	7
450	5	5,5	6	7	7,5	8
Khi ĐDK 220kV giao chéo với nhau và giao chéo với ĐDK điện áp thấp hơn						
Đến 200	4	4	4	4	-	-
300	4	4	5	4,5	5	5,5
450	4	4	4	4	6,5	7
Khi ĐDK 110-22kV giao chéo với nhau và giao chéo với ĐDK điện áp thấp hơn						
Đến 200	3	3	3	4	-	-
300	3	3	4	4,5	5,0	-
Khi ĐDK 6-10kV giao chéo với nhau và giao chéo với ĐDK điện áp thấp hơn						
Đến 100	2	2	-	-	-	-
150	2	2,5	2,5	-	-	-

3.1.4 CÁC TIÊU CHUẨN THIẾT KẾ ĐDTK

3.1.4.1 KCAT giữa ĐDTK với đất và các công trình lân cận

Các trường hợp giao chéo hoặc đi gần	Khoảng cách nhỏ nhất (m) theo điện áp của ĐDK (kV)		
	Đến 22	35-110	220
1. Khoảng cách thẳng đứng từ dây dẫn đến mặt đường:			
a. Trong chế độ bình thường:	7	7	8
b. Khi đứt một dây dẫn ở khoảng cột kề (đối với dây nhỏ hơn 185mm ²):	5	5	5,5
2. Khoảng cách ngang từ bộ phận bất kỳ của cột tới lề đường:			
a. Khi giao chéo đường ô tô cấp I và II:	5	5	5
b. Khi giao chéo đường ô tô cấp khác:	1,5	2,5	2,5
c. Khi ĐDK đi song song với đường ô tô, khoảng cách từ dây dẫn ngoài cùng đến lề đường lúc dây dẫn ở trạng thái tĩnh:	2	4	6

3.1.4 CÁC TIÊU CHUẨN THIẾT KẾ ĐDTK

3.1.4.2 KCAT nhỏ nhất giữa các dây pha với nhau và DCS

ĐDK điện áp 35kV trở lên dùng cách điện treo, khoảng cách giữa các dây dẫn bố trí trong mặt phẳng ngang theo điều kiện làm việc của dây trong khoảng cột không được nhỏ hơn trị số xác định theo công thức sau:

$$D = \frac{U}{110} + 0,65\sqrt{f + \lambda}$$

Trong đó:

D: khoảng cách pha, m

f: độ võng tính toán lớn nhất, m

U: điện áp danh định, kV

λ : chiều dài chuỗi cách điện, m

Khi bố trí dây dẫn theo mặt phẳng thẳng đứng, thì khoảng cách đó xác định theo công thức:

$$D = \frac{U}{110} + 0,42\sqrt{f}$$

Khi dây dẫn bố trí không cùng trên một mặt phẳng: $D = \frac{U}{110} + 0,65\sqrt{f + \lambda}$
khi chênh lệch độ cao treo dây $h < \frac{U}{110}$

và $D = \frac{U}{110} + 0,43\sqrt{f}$

khi chênh lệch độ cao treo dây $h \geq \frac{U}{110}$

3.1.4 CÁC TIÊU CHUẨN THIẾT KẾ ĐDTK

3.1.4.2 KCAT nhỏ nhất giữa các dây pha với nhau và DCS

ĐDK điện áp 35kV dùng cách điện đứng và điện áp đến 22kV dùng loại cách điện bất kỳ, khoảng cách giữa các dây dẫn theo điều kiện làm việc của dây trong khoảng cột không được nhỏ hơn trị số xác định theo công thức sau:

$$D = \frac{U}{110} + 0,45\sqrt{f}$$

Trong đó: U: điện áp danh định, kV
D: khoảng cách pha, m
f: độ võng tính toán lớn nhất, m

Trên cột nhiều mạch của ĐDK, khoảng cách tại cột giữa các dây dẫn gần nhất của hai mạch liền kề cùng điện áp không được nhỏ hơn:

-2m đối với ĐDK dây trần điện áp đến 22kV với cách điện đứng, 1m đối với ĐDK dây bọc điện áp đến 22kV với cách điện đứng.

-2,5m đối với ĐDK điện áp 35kV với cách điện đứng và 3m với cách điện treo.

-4m đối với ĐDK điện áp 110kV

-6m đối với ĐDK điện áp 220kV và 8,5m đối với ĐDK điện áp 500kV.

3.1.4 CÁC TIÊU CHUẨN THIẾT KẾ ĐDTK

3.1.4.2 KCAT nhỏ nhất giữa các dây pha với nhau và DCS

Khoảng cách thẳng đứng giữa dây chống sét và dây dẫn ở giữa khoảng cột của ĐDK, không tính đến sự chao lệch của dây do gió tác động, theo điều kiện bảo vệ khi quá điện áp khí quyển không nhỏ hơn trị số trong bảng sau:

Chiều dài khoảng cột (m)	Khoảng cách (m)	Chiều dài khoảng cột (m)	Khoảng cách (m)
100	2,0	700	11,5
150	3,2	800	13,0
200	4,0	900	14,5
300	5,5	1000	16,0
400	7,0	1200	18,0
500	8,5	1500	21,0
600	10,0	-	-

Chiều dài khoảng cột ở giữa các trị số trên đây có thể lấy theo phép nội suy. Trên khoảng cột của ĐDK có mắc dây chống sét, độ võng của dây chống sét không được lớn hơn độ võng của dây dẫn.

3.1.4 CÁC TIÊU CHUẨN THIẾT KẾ ĐDTK

3.1.4.3 KC nhỏ nhất trong KK từ DD đến các bộ phận của cột (cm)

Điều kiện tính toán khi lựa chọn khoảng cách cách điện	Khoảng cách cách điện nhỏ nhất (cm) tại cột theo điện áp của ĐDK (kV)					
	Đến 10	15÷22	35	110	220	500
a. Khi quá điện áp khí quyển:						
Cách điện đứng	15	25	35			
Cách điện treo	20	35	40	100	180	320
b. Khi quá điện áp nội bộ:	10	15	30	80	160	300
c. Khi điện áp làm việc lớn nhất:		7	10	25	55	115

3.1.4.4 KC cách điện nhỏ nhất giữa các pha tại cột của ĐDK

Điều kiện tính toán	Khoảng cách cách điện nhỏ nhất giữa các pha (cm) theo điện áp của ĐDK, kV					
	Đến 10	15÷22	35	110	220	500
Khi quá điện áp khí quyển	20	45	50	135	250	400
Khi quá điện áp nội bộ	22	33	44	100	200	420
Khi điện áp làm việc	-	15	20	45	95	200

3.1.4 CÁC TIÊU CHUẨN THIẾT KẾ ĐDTK

3.1.4.5 Tiết diện tối thiểu (mm²) cho các đường dây

Khi chọn dây ĐDK để đảm bảo điều kiện tổn thất do vàng quang gây nên, ở độ cao đến 1000m so với mực nước biển, dây dẫn không phân pha phải có tiết diện không được nhỏ hơn:

-70mm² đối với ĐDK 110kV.

-240mm² đối với ĐDK 220kV

Khi chọn dây dẫn ĐDK, ngoài tổn thất do vàng quang còn phải tính đến nhiễu cao tần, nhiễu vô tuyến điện (với ĐDK 110kV trở lên) và ảnh hưởng của điện từ trường (với ĐDK 220 kV trở lên)

Khi chọn tiết diện dây chống sét, ngoài việc tính độ bền cơ học còn phải kiểm tra độ ổn định nhiệt khi xảy ra ngắn mạch một pha chạm đất tại cột cuối ĐDK.

Trên đoạn ĐDK có mắc dây chống sét cách điện với đất thì không cần phải kiểm tra ổn định nhiệt. Dây chống sét cáp quang (OPGW) được chọn về độ bền cơ học và kiểm tra ổn định nhiệt như với dây chống sét thường.

3.1.4 CÁC TIÊU CHUẨN THIẾT KẾ ĐDTK

3.1.4.6 Ứng suất cho phép

Dây dẫn	Hệ số dẫn nở nhiệt $\alpha \cdot 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$	Môđun kéo daN/mm^2 (kG/mm^2)			Hệ số an toàn $\alpha_{at} = \sigma_{CP}/\sigma_{GH}$	
		đàn hồi E	không đàn hồi C	giới hạn D	khi bão và khi nhiệt độ thấp nhất	nhật độ trung bình năm
+ A16... A35 + A50, A70 + A95 + \geq A120	23	6300	4900	3240	0,35 0,40 0,40 0,45	0,30 0,30 0,30 0,30
+ AC16, AC25 + AC35 - AC95 và AC120 - A/C = = 6,11 - 6,25 + AC120 - A/C = = 6,11 - 6,25 và AC150 trở lên	19,2	8250	7180	5640	0,35 0,40 0,45	0,25 0,25 0,25
Dây hợp kim nhôm + 16 - 25 + \geq 120					0,40 45	0,30 0,30
Dây thép các loại, ПС, ТК	12,0	20000	-	-	0,5	0,30

3.1.4 CÁC TIÊU CHUẨN THIẾT KẾ ĐDTK

3.1.4.6 Ứng suất cho phép

Trạng thái nhiệt độ cao nhất ứng suất trong dây nhỏ không gây nguy hiểm cho dây → khoảng cách từ DD đến mặt đất sẽ nhỏ nhất

Modun đàn hồi E, không đàn hồi C và giới hạn D dùng để tính:

-Trạng thái kéo dây khi thi công: DD chịu lực kéo nhanh sẽ biến dạng → dùng modun C để tính toán.

-Trạng thái vận hành ở ứng suất giới hạn: → dùng modun D, phản ánh khả năng đàn hồi của dây thép.

Trạng thái vận hành còn lại: → dùng modun đàn hồi E để tính toán DD.

3.1.5 TẢI TRỌNG CƠ HỌC ĐỐI VỚI ĐDTK

Có hai tải trọng tác động lên dây dẫn:

- Tải trọng do trọng lượng dây gây ra;
- Tải trọng do áp lực gió tác động lên dây dẫn.

3.1.5.1 Tải trọng cơ học do trọng lượng dây

Trọng lượng 1m dây là P [kg/m], hoặc P [kg/m] = $P.9,81$ [daN/m].

Lấy trọng lượng 1m dây chia cho tiết diện F [mm²] ta được tỷ tải g do trọng lượng tác động lên dây dẫn:

$$g_1 = \frac{P}{F}; \quad [kg / m.mm^2]; \quad hay \quad g_1 = 9,81 \frac{P}{F}; \quad [daN / m.mm^2] \quad (3.1)$$

F : tiết diện dây dẫn; [mm²]

Do cấu tạo của dây vặn xoắn gồm nhiều sợi vặn xoắn với nhau nên chiều dài thực tế lớn hơn, khi đó tỉ tải g_1 vẫn tính theo công thức (4.1) nhưng nhân thêm với hệ số khoảng 1,02÷1,03.

3.1.5 TẢI TRỌNG CƠ HỌC ĐỐI VỚI ĐDTK

3.1.5.2 Tải trọng do gió

Giả thiết gió thổi ngang vuông góc với chiều dài dây dẫn, gây ra áp lực (sức ép) đối với dây dẫn. Áp lực gió P_v trên 1m dây dẫn được tính theo CT sau:

$$P_v = \alpha \cdot C_x \cdot \frac{V^2}{16} F_v = \alpha \cdot C_x \cdot q_v \cdot d \cdot 10^{-3}; \quad [kg / m]$$
$$= 0,981 \cdot \alpha \cdot C_x \cdot k_1 \cdot q_v \cdot d \cdot 10^{-3}; \quad [daN / m] \quad (3.2a)$$

trong đó: α - hệ số không đều của gió;

V- tốc độ gió; m/s

C_x : hệ số khí động học của DD

($d < 20\text{mm} \rightarrow C_x = 1,2$; $d \geq 20\text{mm} \rightarrow C_x = 1,1$)

$F_v = 1 \cdot d \cdot 10^{-3}$: diện tích chắn gió của 1m dây, d: đường kính (mm)

$q_v = v^2/16$: áp suất gió tính cho độ cao dưới 15m trên mặt đất

Vùng áp lực gió	I	II	III	IV	V
$q_0(\text{daN/m}^2)$	65	95	125	155	185

3.1.5 TẢI TRỌNG CƠ HỌC ĐỐI VỚI ĐDTK

3.1.5.2 Tải trọng do gió

$$q_v = q_0 \cdot \gamma_{sd} \cdot k \quad (3.4) \quad \gamma_{sd}: \text{hệ số hiệu chỉnh. Thời gian sử dụng trên 50 năm; } \gamma_{sd}=1$$

α - hệ số không đều của gió phụ thuộc vào áp lực gió

$q(\text{daN/m}^2)$	α	$q(\text{daN/m}^2)$	α
≤ 27	1	70	0,71
40	0,85	75	0,75
50	0,77	≥ 76	0,7
60	0,73		

Áp lực gió $q_v(\text{daN/m}^2)$ cho HTĐ (trong ngoặc là tốc độ gió m/s)

Vùng gió	Điện áp định mức (kV)		
	Đến 3	6÷330	500
I	27(21)	40(25)	55(30)
II	35(24)	40(25)	55(30)
III	45(27)	50(29)	55(30)
IV	55(30)	65(32)	80(36)
V	70(33)	80(36)	80(36)
VI	85(37)	100(40)	100(40)
VII	100(40)	125(45)	125(45)

3.1.5 TẢI TRỌNG CƠ HỌC ĐỐI VỚI ĐDTK

Bảng 3.15 Trị số của k theo loại địa hình

Địa hình Độ cao (m)	A	B	C
10	1,18	1	0,66
15	1,24	1,08	0,74
20	1,29	1,13	0,8
30	1,37	1,22	0,89
40	1,43	1,28	0,97
50	1,47	1,34	1,03
60	1,51	1,38	1,08
80	1,57	1,45	1,18
100	1,62	1,51	1,25
150	1,72	1,63	1,4
200	1,79	1,71	1,52
250	1,84	1,78	1,62
300	1,84	1,84	1,7
350	1,84	1,84	1,78
≥350	1,84	1,84	1,84

Địa hình được chia làm ba loại:

A: trống trải, không có hoặc ít vật cản có độ cao không quá 1,5m

B: tương đối trống trải, có một số vật cản thưa cao không quá 10m.

C: vùng bị che chắn mạnh, có nhiều vật cản khác nhau từ 10m trở lên

3.1.5 TẢI TRỌNG CƠ HỌC ĐỐI VỚI ĐDTK

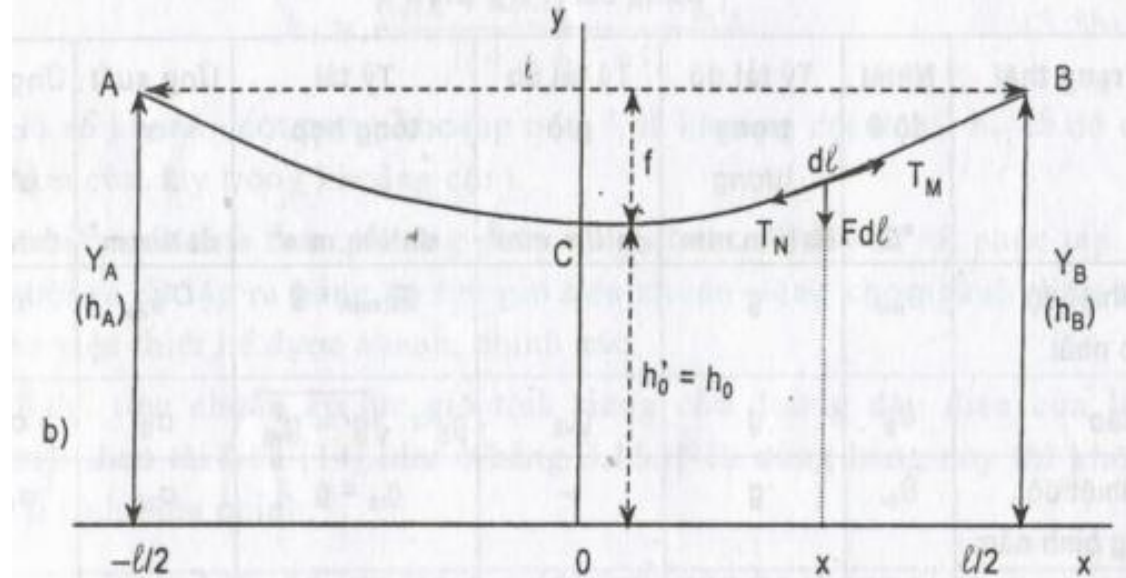
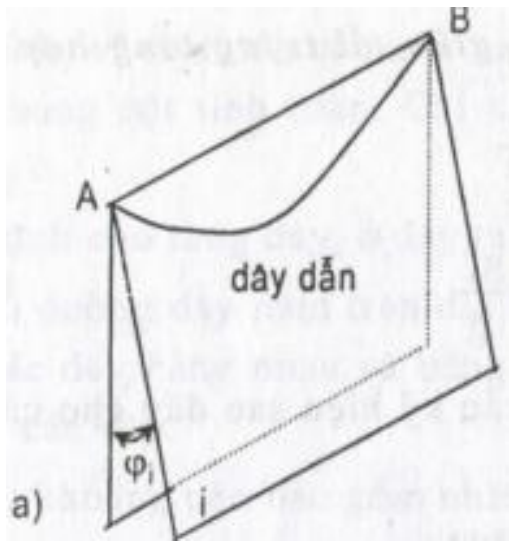
3.1.5.3 Tỷ tải tổng hợp g_T và góc φ_i giữa tải trọng tổng hợp và mặt thẳng đứng

Tỷ tải g do gió: $g_v = \frac{P_v}{F}$; $[kg / m.mm^2]$ $tg \varphi_i = \frac{P_v}{P} = \frac{g_v}{g}$ (3.7)

Tỷ tải tổng hợp: $g = \sqrt{g^2 + g_v^2}$ (3.6)

Trạng thái	Nhiệt độ θ °C	Tỷ tải do trọng lượng daN/m.mm ²	Tỷ tải do gió daN/m.mm ²	Tỷ tải tổng hợp. daN/m.mm ²	Ứng suất σ daN/mm ²	Ứng suất cho phép daN/mm ²
1- Nhiệt độ thấp nhất	θ_{min}	g	-	$g_{\theta_{min}} = g$	$\sigma_{\theta_{min}}$	σ_{CP}
2- Bão	θ_B	g	g_{vB}	$g_B = \sqrt{g^2 + g_{vB}^2}$	σ_B	σ_{CP}
3- Nhiệt độ trung bình năm	θ_{tb}	g	-	$g_{tb} = g$	σ_{tb}	σ_{CPtb}
4- Nóng nhất	θ_{max}	g	-	$g_{\theta_{max}} = g$	$\sigma_{\theta_{max}}$	-
5- Quá điện áp khi quyền	θ_q	g	g_{vq}	$g_q = \sqrt{g^2 + g_{vq}^2}$	σ_q	-

3.2 PTCB CỦA DD TREO HAI ĐIỂM CÓ ĐỘ CAO BẰNG NHAU



Ở trạng thái cân bằng, tổng các lực tác dụng lên $dl = 0$

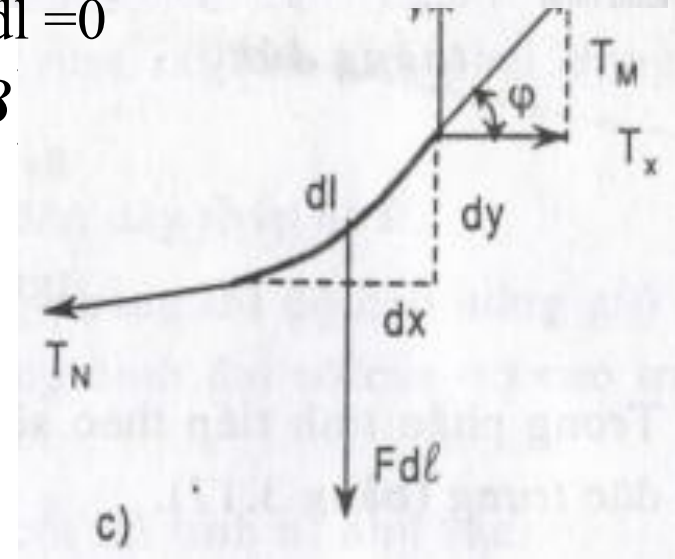
$$\mathbf{T}_M + \mathbf{T}_N + \mathbf{F} \cdot dl = 0 \quad (3.8)$$

Phân tích theo trục x, y

$$\mathbf{T}_M = \mathbf{T}_x + \mathbf{T}_y$$

$$\mathbf{T}_N = \mathbf{T}_x - d\mathbf{T}_x + \mathbf{T}_y - d\mathbf{T}_y \quad (3.9)$$

$$\mathbf{F} = \mathbf{F}_x + \mathbf{F}_y$$



3.2 PTCB CỦA DD TREO HAI ĐIỂM CÓ ĐỘ CAO BẰNG NHAU

Cân bằng theo trục x, y với chiều dương hướng về bên phải và lên trên:

$$\left. \begin{aligned} T_x - T_x + T_x - F_x \cdot dl &= 0 \\ T_y - T_y + T_y - F_y \cdot dl &= 0 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \begin{aligned} \frac{dT_x}{dl} - F_x &= 0 \\ \frac{dT_y}{dl} - F_y &= 0 \end{aligned} \quad (3.10)$$

Mặt khác:

$$\left. \begin{aligned} T_x &= T_M \cos \varphi = T_M \frac{dx}{dl} \\ T_y &= T_M \sin \varphi = T_M \frac{dy}{dl} \end{aligned} \right\} \quad (3.11)$$

Thay T_x, T_y theo (3.11) vào (3.10):

$$\left. \begin{aligned} \frac{d}{dl} \left[T_M \cdot \frac{dx}{dl} \right] - F_x &= 0 \\ \frac{d}{dl} \left[T_M \cdot \frac{dy}{dl} \right] - F_y &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (3.12)$$

3.2 PTCB CỦA DD TREO HAI ĐIỂM CÓ ĐỘ CAO BẰNG NHAU

Lực F ép lên 1m dây chính là tải trọng cơ học lên 1m dây P_T (daN/m) hoặc (kG/m) là tổng hợp của lực gió P_v ép lên dây và trọng lực P theo phương thẳng đứng

$$P_T = \sqrt{P^2 + P_v^2} ; \varphi_i = \arctg \left(\frac{P_v}{P} \right) \quad (3.13)$$

P_T nằm trên mặt phẳng i , trùng phương với y . Vậy lực F chỉ có thành phần theo trục y :

$$F_x = 0 ; F_y = P_T \quad (3.14)$$

Thay vào (3.12):

$$\left. \begin{aligned} \frac{d}{dl} \left[T_M \cdot \frac{dx}{dl} \right] &= 0 \\ \frac{d}{dl} \left[T_M \cdot \frac{dy}{dl} \right] &= P_T \end{aligned} \right\} \quad (3.15)$$

Đặt $K = T_M \cdot dx/dl$, rút T_M thay vào (3.15):

$$\frac{d}{dl} \left[K \cdot \frac{dl}{dx} \cdot \frac{dy}{dl} \right] = P_T \quad \text{hay} \quad \frac{d}{dl} \left[K \cdot \frac{dy}{dx} \right] = P_T \quad (3.17)$$

3.2 PTCB CỦA DD TREO HAI ĐIỂM CÓ ĐỘ CAO BẰNG NHAU

Đặt $y'_x = dy/dx$, là tgφ của góc φ tại điểm x bất kỳ

$$\frac{d}{dl} y'_x = \frac{P_T}{K} \quad (3.18)$$

Mặt khác: $dl = \sqrt{(dx)^2 + (dy)^2}; \quad (3.19)$

Thay dl vào (3.19): $\frac{dy'_x}{\sqrt{1 + y_x'^2}} = \frac{P_T}{K} dx \quad (3.20a)$

Đặt: $\frac{K}{P_T} = h_0; \quad y'_x = u = \frac{dy}{dx} \quad (3.20b) \Rightarrow \frac{du}{\sqrt{1 + u^2}} = \frac{dy}{dx} \quad (3.21)$

PT (3.21) có 2 nghiệm:

$$\ln \left[u + \sqrt{1 + u^2} \right] = \frac{x - x_0}{h_0} \quad (3.22a)$$

$$\ln \left[-u + \sqrt{1 + u^2} \right] = \frac{x - x_0}{h_0} \quad (3.22b)$$

Hằng số x_0 xác định theo điều kiện biên

3.2 PTCB CỦA DD TREO HAI ĐIỂM CÓ ĐỘ CAO BẰNG NHAU

- Tại điểm thấp nhất ta có:

$x_c=0$; $u_c=(dx/dy)_c=0$, thay vào (3.22a) ta được $x_0=0$. Hay:

$$\left. \begin{aligned} u + \sqrt{1+u^2} &= e^{\frac{x}{h_0}} \\ -u + \sqrt{1+u^2} &= e^{-\frac{x}{h_0}} \end{aligned} \right\} (3.23)$$

Trừ 2 PT của (3.23) cho nhau và lấy tích phân hai vế ta được:

$$2u = 2 \frac{dy}{dx} = e^{\frac{x}{h_0}} - e^{-\frac{x}{h_0}} \Rightarrow y - y_0 = \frac{h_0}{2} \left(e^{\frac{x}{h_0}} - e^{-\frac{x}{h_0}} \right) = h_0 \cdot ch \left(\frac{x}{h_0} \right)$$

y là độ cao của dây và được tính theo điều kiện biên

- Tại điểm C: $x=0$; $y_c=h_0$, do đó $h_0 - y_0 = h_0 \rightarrow y_0=0$

Ta có PT căng dây, tức độ cao dây dẫn

$$y = h_0 \cdot ch \left(\frac{x}{h_0} \right) \quad (3.24)$$

3.2 PTCB CỦA DD TREO HAI ĐIỂM CÓ ĐỘ CAO BẰNG NHAU

Xét dl theo (3.19): $dl = dx \sqrt{1 + u^2}$ (3.25)

Cộng hai PT của (3.23) $2\sqrt{1 + u^2} = e^{\frac{x}{h_0}} + e^{-\frac{x}{h_0}}$ (3.26)

Thay $\sqrt{1 + u^2}$ theo (3.26) vào (3.25)

$$dl = \frac{dx}{2} \left(e^{\frac{x}{h_0}} + e^{-\frac{x}{h_0}} \right) \quad (3.27)$$

Lấy tích phân 2 vế (3.27) ta được độ dài L_x của DD từ điểm C đến điểm tương ứng hoành độ x_0

$$L_x - L_0 = \frac{h_0}{2} \left(e^{\frac{x}{h_0}} - e^{-\frac{x}{h_0}} \right) \quad (3.28)$$

• L_0 tính theo điều kiện biên:

• Tại C=0; $x=0 \rightarrow$ vế phải (3.28)=0 $\rightarrow L_0=0$. Vậy (3.28) trở thành

$$L_x = h_0 \cdot sh \left(\frac{x}{h_0} \right) \quad (3.29)$$

PT (3.24) và (3.29) là PT căng dây dạng dây xích

3.2 PTCB CỦA DD TREO HAI ĐIỂM CÓ ĐỘ CAO BẰNG NHAU

Tại C giả thiết lực kéo $T_M=T_0$, $dx/dl=1$. do đó $K=T_0$ là lực kéo ở điểm thấp nhất và theo (3.20b)

$$h_0 = \frac{K}{P_T} = \frac{T_0}{P_T} \quad (3.30) \text{ hay } T_0 = h_0 \cdot P_T; K = P_T \cdot h_0 \quad (3.31)$$

$$dl = \frac{dx}{2} \left(e^{\frac{x}{h_0}} + e^{-\frac{x}{h_0}} \right) \quad (3.27) \quad dl = dx \sqrt{1+u^2} \quad (3.25)$$

Lấy tích phân 2 vế (3.27) ta được độ dài L_x của DD từ điểm C đến điểm tương ứng hoành độ x_0

$$L_x - L_0 = \frac{h_0}{2} \left(e^{\frac{x}{h_0}} - e^{-\frac{x}{h_0}} \right) \quad (3.28)$$

• L_0 tính theo điều kiện biên:

• Tại C=0; $x=0 \rightarrow$ vế phải (3.28)=0 $\rightarrow L_0=0$. Vậy (3.28) trở thành

$$L_x = h_0 \cdot sh \left(\frac{x}{h_0} \right) \quad (3.29)$$

PT (3.24) và (3.29) là PT căng dây dạng dây xích

3.3 TÍNH TOÁN ĐỘ DÀI, ĐỘ VỒNG, ĐỘ CAO, ỨNG SUẤT & LỰC CĂNG CỦA DD

3.3.1 Tính theo hàm dây xích

Ta có PT dây xích của DD

$$\left. \begin{aligned} y_x &= h_0 \cdot ch \left(\frac{x}{h_0} \right) \\ L_x &= h_0 \cdot sh \left(\frac{x}{h_0} \right) \end{aligned} \right\} (3.36)$$

y_x là độ cao của DD đến trục hoành, trục này cách điểm thấp nhất của DD đoạn h_0

Triển khai các hàm hypebolic thành chuỗi

$$\cos h\gamma = 1 + \frac{\gamma^2}{2!} + \frac{\gamma^4}{4!} + \dots$$

$$\sin h\gamma = \gamma + \frac{\gamma^3}{3!} + \frac{\gamma^5}{5!} + \dots$$

3.3 TÍNH TOÁN ĐỘ DÀI, ĐỘ VÔNG, ĐỘ CAO, ỨNG SUẤT & LỰC CĂNG CỦA DD

3.3.1 Tính theo hàm dây xích

Áp dụng cho (3.36)

$$y_x = y_o \cosh\left(\frac{x}{y_o}\right) = y_o \left[1 + \frac{x^2}{2! y_o^2} + \frac{x^4}{4! y_o^4} + \dots \right] \quad (3.37)$$

$$L_{xy} = y_o \sinh\left(\frac{x}{y_o}\right) = y_o \left[\frac{x}{y_o} + \frac{x^3}{3! y_o^3} + \frac{x^5}{5! y_o^5} + \dots \right] \quad (3.38)$$

Thay $h_0 = \sigma_0 / g_T$ và $x = l/2$ vào CT trên ta có độ cao điểm treo dây h_A, h_B và độ dài của DD trong khoảng cột $L/2$

$$h_A = h_B = \frac{\sigma_0}{g_T} + \frac{l^2 g_T}{8 \sigma_0} + \frac{l^2 g_T^3}{4! 16 \sigma_0^3} + \dots \quad (3.39)$$

$$L = \frac{L}{2} = \frac{l}{2} + \frac{l^3 g_T^2}{3! 8 \sigma_0^2} + \frac{l^5 g_T^4}{5! 32 \sigma_0^4} + \dots \quad (3.40)$$

3.3 TÍNH TOÁN ĐỘ DÀI, ĐỘ VÔNG, ĐỘ CAO, ỨNG SUẤT & LỰC CĂNG CỦA DD

3.3.1 Tính theo hàm dây xích

Độ dài DD trong cả khoảng cột:

$$L=2 \cdot \frac{L}{2} = l + \frac{l^3 g_T^2}{3! 4 \sigma_0^2} + \frac{l^5 g_T^4}{5! 16 \sigma_0^4} + \dots \quad (3.41)$$

Độ võng lớn nhất của DD:

$$f = h_B - h_0 = \frac{l^2 g_T}{8 \sigma_0} + \frac{l^4 g_T^3}{4! 16 \sigma_0^3} + \dots \quad (3.42)$$

Đối với khoảng cột không lớn, có thể bỏ qua các thành phần bậc 4, 5:

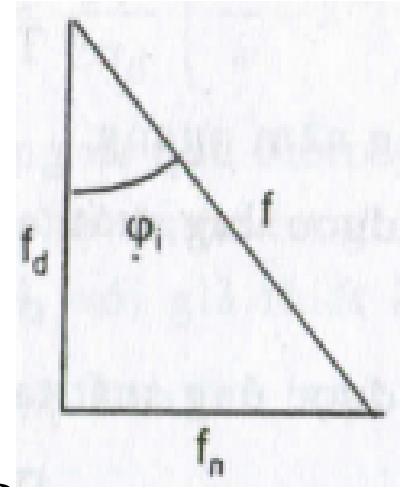
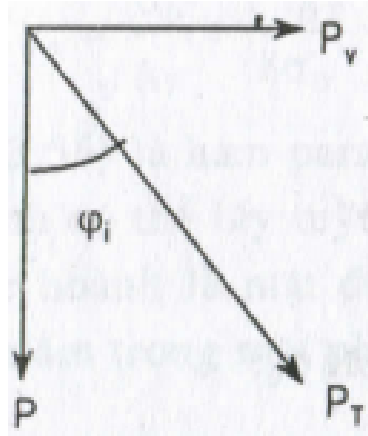
$$L = l + \frac{l^3 g_T^2}{24 \sigma_0^2} = l + \frac{8f}{3l} \quad (3.43)$$

$$f = \frac{l^2 g_T}{8 \sigma_0} \quad (3.44)$$

3.3 TÍNH TOÁN ĐỘ DÀI, ĐỘ VÔNG, ĐỘ CAO, ỨNG SUẤT & LỰC CĂNG CỦA DD

3.3.1 Tính theo hàm dây xích

DD nằm trong mặt phẳng i , do đó độ võng f gồm f_d và f_n



Từ sức ép của gió P_v , trọng lực P , tính được tổng hợp lực P_T và góc φ_i

$$P_T = \sqrt{P^2 + P_v^2} ; \operatorname{tg} \varphi_i = \frac{P_v}{P} \quad (3.46)$$

và

$$f_d = f \cdot \cos \varphi_i ; f_n = f \cdot \sin \varphi_i \quad (3.47)$$

- f_d : kiểm tra khoảng cách an toàn dây – đất.

- f_n : kiểm tra khoảng cách an toàn theo chiều ngang

3.3 TÍNH TOÁN ĐỘ DÀI, ĐỘ VỒNG, ĐỘ CAO, ỨNG SUẤT & LỰC CĂNG CỦA DD

3.3.1 Tính theo hàm dây xích

Xét giá trị của T_M tại điểm treo dây B: $T_x \cdot \frac{dx}{dl} = K = P_T \cdot h_0$

Theo (3.27) $\frac{dl}{dx} = ch \frac{x}{h_0}$ Do đó $T_x = P_T \cdot h_0 \cdot ch \frac{x}{h_0} = T_0 \cdot ch \frac{x}{h_0}$ (3.48a)

Tại điểm treo dây B: $x=1/2 \rightarrow T_B = P_T \cdot h_0 \cdot ch \frac{x}{2h_0} = P_T \cdot h_B$ (3.48b)

Theo (3.24) $h_0 \cdot ch \frac{x}{2h_0} = h_B$ là độ cao của điểm treo dây

T_B có hướng tiếp tuyến với đường căng dây tại B.

-Tại điểm thấp nhất C: $x=0$

$\rightarrow T_0 = P_T \cdot h_0$ (3.49), T_0 có hướng nằm ngang

Từ T_B tính được ứng suất tại điểm treo dây:

$$\sigma_B = g_T \cdot h_B \quad (3.50)$$

Từ T_0 tính được ứng suất tại điểm thấp nhất:

$$\sigma_0 = g_T \cdot h_0 \quad (3.51)$$

3.3 TÍNH TOÁN ĐỘ DÀI, ĐỘ VÔNG, ĐỘ CAO, ỨNG SUẤT & LỰC CĂNG CỦA DD

3.3.1 Tính theo hàm dây xích

Lấy $T_B - T_0$ ta được:

$$T_B - T_0 = P_T (h_B - h_0) = P_T \cdot f \quad \text{hay} \quad T_B = T_0 + P_T \cdot f \quad (3.53)$$

$f = h_B - h_0$ là độ võng lớn nhất của DD tại giữa khoảng vượt

Lấy $\sigma_B - \sigma_0$ ta được: $\sigma_B - \sigma_0 = g_T (h_B - h_0) = g_T \cdot f$

Do đó: $\sigma_B = \sigma_0 + g_T \cdot f \quad (3.53)$

Ứng suất và lực kéo tại điểm bất kỳ được tính như sau:

$$\sigma_x = \sigma_0 + g_T \cdot (f - f_x) \quad (3.53)$$

$$T_x = T_0 + P_T \cdot (f - f_x)$$

f_x là độ võng tại điểm bất kỳ

3.3 TÍNH TOÁN ĐỘ DÀI, ĐỘ VỒNG, ĐỘ CAO, ỨNG SUẤT & LỰC CĂNG CỦA DD

3.3.1 Tính theo hàm parabol

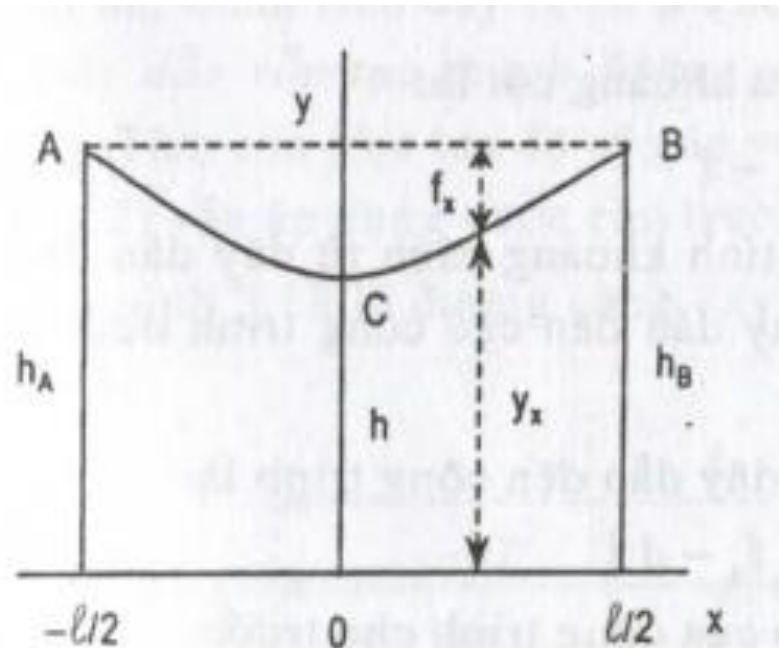
Nếu bỏ qua thành phần bậc 4 trong (3.39) và thay $l/2=x$ ta có PT căng dây:

$$y_x = \frac{\sigma_0}{g_T} + \frac{x^2 g_T}{2\sigma_0} = h_0 + \frac{x^2 g_T}{2\sigma_0} \quad (3.55)$$

Ta có thể tính độ võng tại điểm bất kỳ

$$f_x = h_B - y_x = \frac{\sigma_0}{g_T} + \frac{l^2 g_T}{8\sigma_0} - \frac{\sigma_0}{g_T} - \frac{x^2 g_T}{2\sigma_0} = \frac{g_T}{2\sigma_0} \left(\frac{l^2}{4} - x^2 \right) \quad (3.56)$$

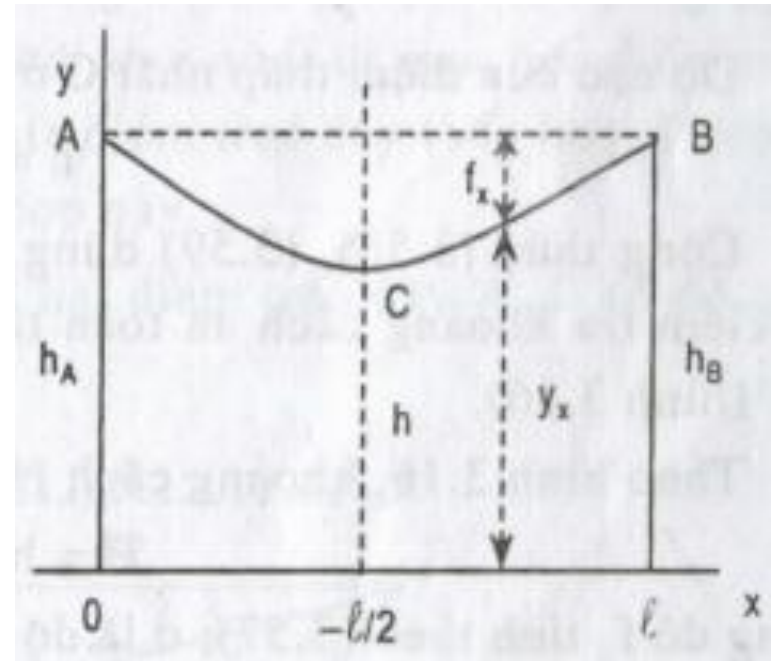
f_x theo (3.56) là một hàm parabol có trục tung đi qua điểm giữa khoảng cột



3.3 TÍNH TOÁN ĐỘ DÀI, ĐỘ VỒNG, ĐỘ CAO, ỨNG SUẤT & LỰC CĂNG CỦA DD

3.3.1 Tính theo hàm parabol

Ta cũng có thể chuyển trục tung ra đầu bên trái khoảng cột cắt điểm treo dây A bằng cách thay x mới = x cũ - $l/2$



$$f_x = \frac{g_T}{2\sigma_0} \left[\frac{l^2}{4} - \left(x - \frac{l}{2} \right)^2 \right] =$$

$$= \frac{g_T}{2\sigma_0} \left[\frac{l^2}{4} - \left(x^2 - lx + \frac{l^2}{4} \right) \right] = \frac{g_T}{2\sigma_0} [lx - x^2] = \frac{l^2 g_T}{8\sigma_0} \frac{4x}{l} \left(l - \frac{x}{l} \right)$$

$$\text{hay } f_x = \frac{4xf}{l} \left(l - \frac{x}{l} \right) \quad (3.57)$$

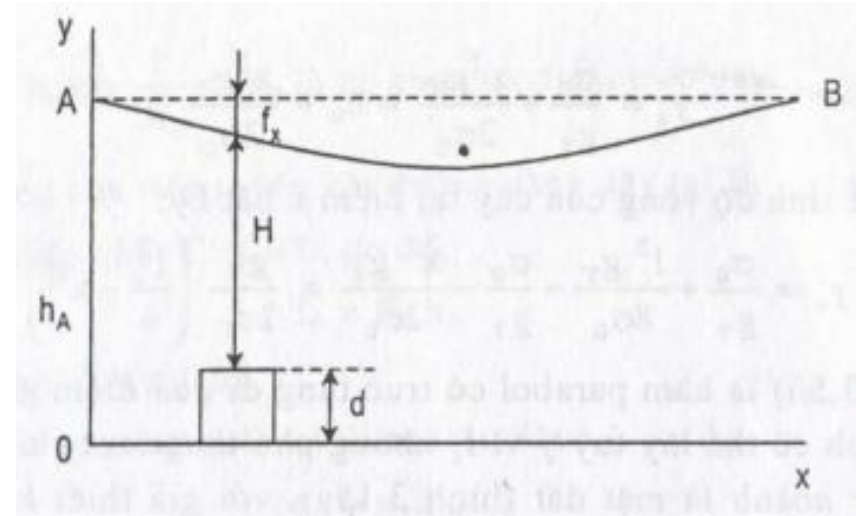
Nếu biết khoảng cách từ điểm treo dây đến đất là $h_A = h_B$ ta tính được độ cao DD tại điểm bất kỳ đến đất: $h_x = h_A - f_x$ (3.58) với f_x tính theo (3.57)

3.3 TÍNH TOÁN ĐỘ DÀI, ĐỘ VỒNG, ĐỘ CAO, ỨNG SUẤT & LỰC CĂNG CỦA DD

3.3.1 Tính theo hàm parabol

Nếu biết khoảng cách từ điểm treo dây đến đất là $h_A = h_B$ ta tính được độ cao DD tại điểm bất kỳ đến đất: $h_x = h_A - f_x$ (3.58) với f_x tính theo (3.57).

Độ cao của điểm thấp nhất C ở giữa khoảng cột là: $h = h_A - f$ (3.59)



Khoảng cách H từ điểm treo DD đến công trình là:

$$H = h_A - f - d \quad (3.60)$$

Nếu lấy trục hoành đi qua điểm thấp nhất C và trục tung đi qua điểm giữa đường căng dây thì PT (3.55) trở thành;

$$y_x = \frac{x^2 g_T}{2\sigma_0} \quad (3.61)$$

3.4 PT CĂNG DÂY TRONG TRƯỜNG HỢP HAI ĐIỂM TREO DÂY KHÔNG CÙNG ĐỘ CAO

3.4.1 Khoảng cột tương đương

Thay độ dài a, b vào (3.61) ta được

$$h_a = \frac{a^2 g_T}{2\sigma_0} \quad (3.63)$$

$$h_b = \frac{b^2 g_T}{2\sigma_0} \quad (3.64)$$

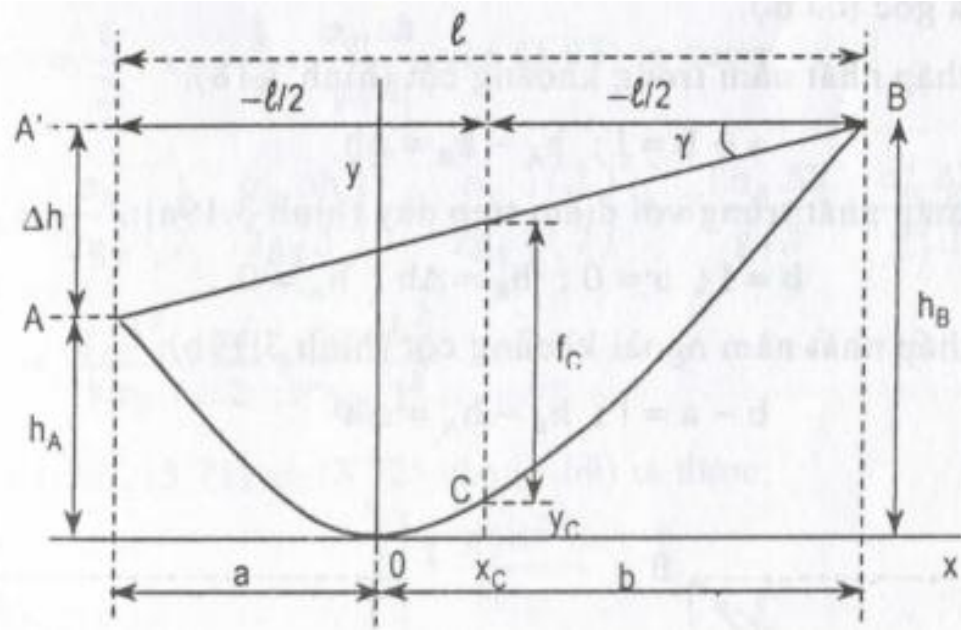
h_A, h_B : độ cao treo dây

Độ lệch giữa điểm treo dây là Δh

$$\Delta h = h_B - h_A = l \cdot \text{tg} \gamma = \frac{g_T}{2\sigma_0} (b^2 - a^2)$$

Thay $b = l - a$ vào CT trên:
$$\Delta h = \frac{g_T}{2\sigma_0} (b^2 - a^2) = \frac{g_T}{2\sigma_0} l(l - 2a) \quad (3.64)$$

Giải (3.64)
$$\left. \begin{aligned} a &= \frac{l}{2} - \frac{\sigma_0 \cdot \Delta h}{g_T \cdot l} = \frac{l}{2} - \frac{T_0 \cdot \Delta h}{P_T \cdot l} \\ b &= \frac{l}{2} + \frac{\sigma_0 \cdot \Delta h}{g_T \cdot l} = \frac{l}{2} + \frac{T_0 \cdot \Delta h}{P_T \cdot l} \end{aligned} \right\} \quad (3.65)$$



γ : góc tạo bởi AB với trục hoành

Tính được a, b ta xác định được hệ tọa độ của đường căng dây

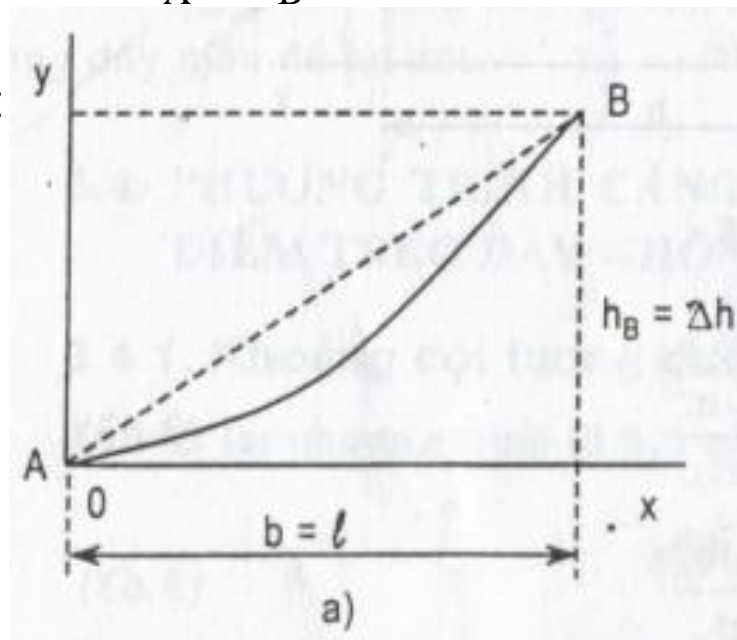
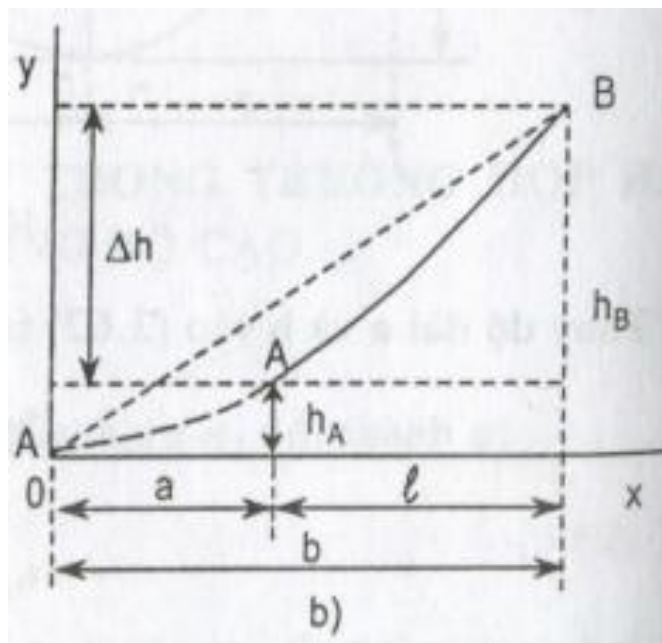
3.4 PT CĂNG DÂY TRONG TRƯỜNG HỢP HAI ĐIỂM TREO DÂY KHÔNG CÙNG ĐỘ CAO

3.4.1 Khoảng cột tương đương

Có thể xảy ra 3 trường hợp đối với điểm 0, điểm thấp nhất của đường căng dây và là gốc tọa độ

a) Điểm thấp nhất nằm trong khoảng cột: $a + b = l$; $h_A - h_B = \Delta h$

b) Điểm thấp nhất trùng với điểm treo dây:
 $b = l$; $a = 0$; $h_B = \Delta h$; $h_A = 0$ (hình a)



c) Điểm thấp nhất nằm ngoài khoảng cột:
 $b - a = l$; $h_B - h_A = \Delta h$ (hình b)

3.4 PT CĂNG DÂY TRONG TRƯỜNG HỢP HAI ĐIỂM TREO DÂY KHÔNG CÙNG ĐỘ CAO

3.4.1 Khoảng cột tương đương

Độ võng ở giữa khoảng cột f_c :

$$f_c = h_B - \frac{\Delta h}{2} - y_c \quad (3.69)$$

y_c là độ cao của dây tại x_c

$$x_c = \frac{l}{2} - a = \frac{\sigma_0 \cdot \Delta h}{g_T \cdot l} \quad (3.70)$$

Thay x_c theo (3.70) vào (3.62)

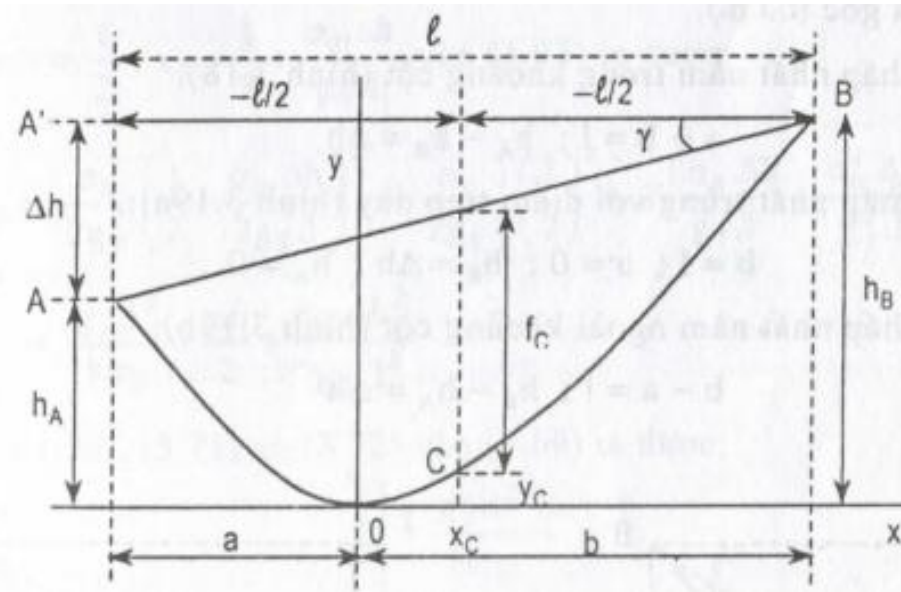
$$y_c = \frac{\sigma_0}{2g_T} \left(\frac{\Delta h}{l} \right)^2 \quad (3.71) \quad \text{Thay } b = \frac{l}{2} + x_c = \frac{l}{2} + \frac{\sigma_0 \cdot \Delta h}{g_T \cdot l} \text{ vào (3.63) ta được:}$$

$$h_B = \frac{\sigma_0}{2g_T} \left(\frac{l}{2} + \frac{\sigma_0 \cdot \Delta h}{2g_T \cdot l} \right)^2 = \frac{\sigma_0}{2g_T} \left[\left(\frac{l}{2} \right)^2 + 2 \frac{l \cdot \sigma_0 \cdot \Delta h}{g_T \cdot l} + \frac{\sigma_0^2 \cdot \Delta h^2}{g_T^2 \cdot l^2} \right] =$$

$$= \frac{g_T \cdot l^2}{8\sigma_0} + \frac{\Delta h}{2} + \frac{\sigma_0 \cdot \Delta h^2}{2g_T \cdot l^2} \quad (3.72)$$

Thay (3.70), (3.71), (3.72) vào (3.69) →

$$f_c = \frac{g_T \cdot l^2}{8\sigma_0} \quad (3.73)$$

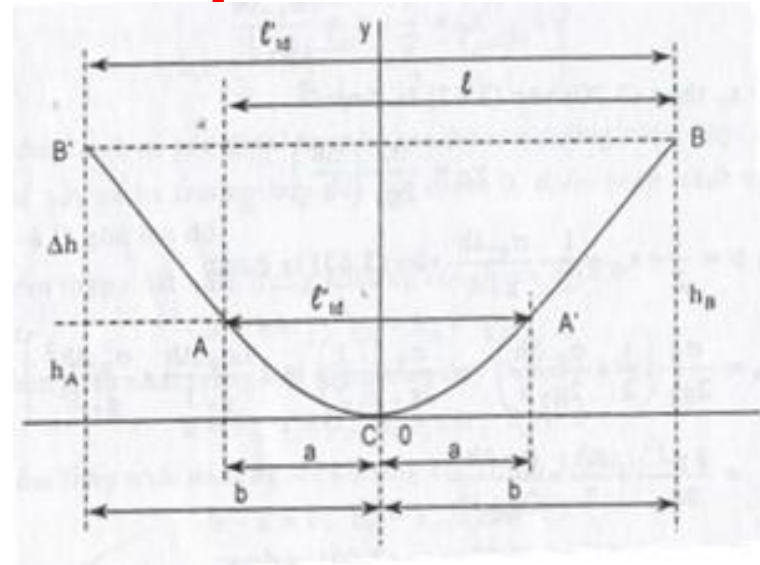


3.4 PT CĂNG DÂY TRONG TRƯỜNG HỢP HAI ĐIỂM TREO DÂY KHÔNG CÙNG ĐỘ CAO

3.4.1 Khoảng cột tương đương

Khoảng cột tương đương (KCTĐ) dùng để tính toán DD trong các trạng thái khác nhau

Đường B'AB tạo ra đường căng tương đương lớn. AA' ta có tương đương bé



$$\left. \begin{aligned} \text{Giữa BB' – KCTĐ lớn } l'_{td} &= 2b = l + \frac{2\sigma_0 \cdot \Delta h}{g_T \cdot l} \\ \text{Giữa AA' – KCTĐ bé } l''_{td} &= 2a = l - \frac{2\sigma_0 \cdot \Delta h}{g_T \cdot l} \end{aligned} \right\}$$

$$(3.74a)$$

KCTĐ để tính độ võng của đường căng dây TD lớn f' , đó là h_B theo (3.63)

$$f' = h_B = \frac{g_T \cdot b^2}{2\sigma_0} = \frac{g_T \cdot l_{td}'^2}{8\sigma_0} \quad (3.74b)$$

Tương ứng ta có độ võng của đường căng dây TD bé f'' , đó là h_A

$$f'' = h_A = \frac{g_T \cdot a^2}{2\sigma_0} = \frac{g_T \cdot l_{td}''^2}{8\sigma_0} \quad (3.74c)$$

Độ dài của DD $L = l + \frac{g_T \cdot l^3}{24\sigma_0^2} = l + \frac{8f^2}{3l} + \frac{\Delta h}{2l} \quad (3.74d)$

Nếu $\Delta h/l$ nhỏ thì bỏ qua

3.4 PT CĂNG DÂY TRONG TRƯỜNG HỢP HAI ĐIỂM TREO DÂY KHÔNG CÙNG ĐỘ CAO

3.4.2 Khoảng cách tới đất tại điểm bất kỳ trong khoảng cột

$$y = h_B - y_x = f_x + c \quad (3.75)$$

$$c = x \cdot \operatorname{tg} \gamma = x \frac{\Delta h}{l} \quad (3.76)$$

Lấy trục tọa độ tại 0, ta có công thức (3.62)

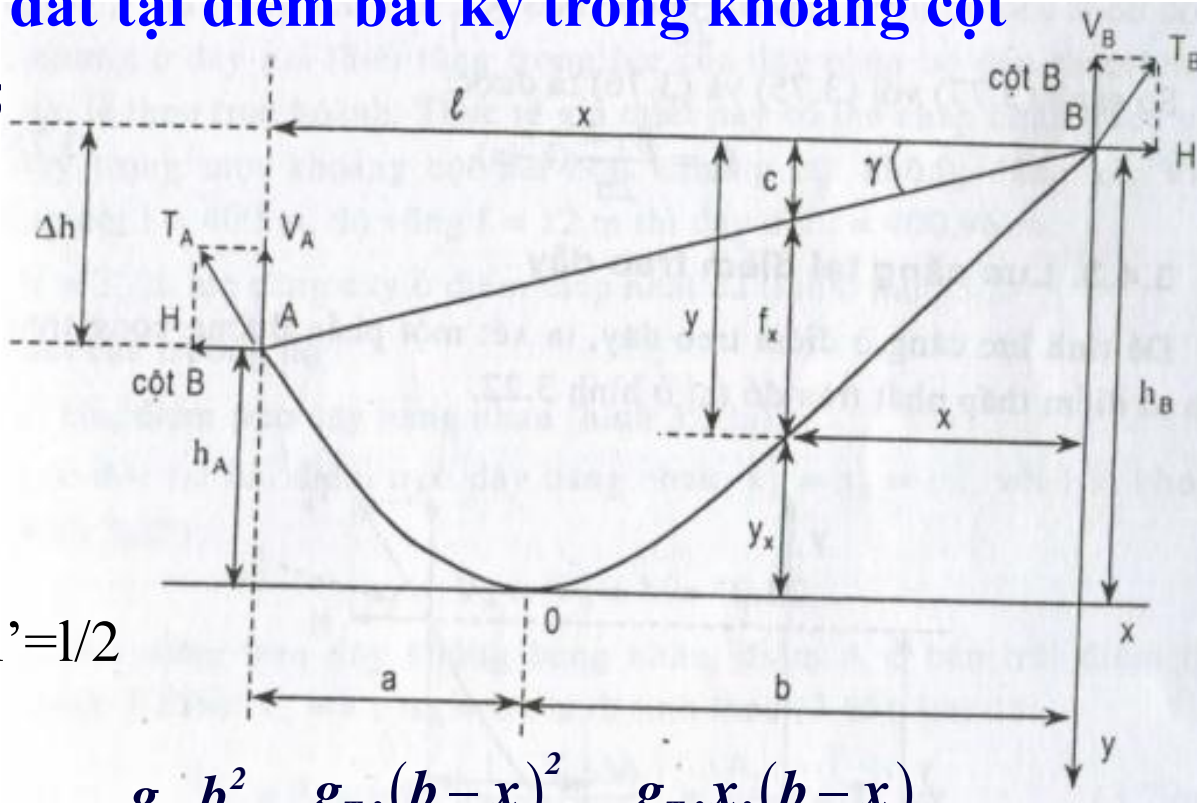
$$y_x = \frac{g_T \cdot (b-x)^2}{2\sigma}$$

x tính theo hệ tọa độ mới $l' = l/2$

$$\left. \begin{aligned} h_B &= \frac{g_T \cdot b^2}{2\sigma} \\ b &= \frac{l}{2} + \frac{\sigma \cdot \Delta h}{g_T \cdot l} \end{aligned} \right\} \Rightarrow y = \frac{g_T \cdot b^2}{2\sigma} - \frac{g_T \cdot (b-x)^2}{2\sigma} = \frac{g_T \cdot x \cdot (b-x)}{2\sigma}$$

Thay $b = \frac{l}{2} + \frac{\sigma \cdot \Delta h}{g_T \cdot l}$ ta được $y = \frac{g_T}{2\sigma} x(l-x) + x \frac{\Delta h}{l} \quad (3.77)$

So sánh (3.77) với (3.75) và (3.76) ta được $f_x = \frac{g_T \cdot x}{2\sigma} (l-x) \quad (3.78)$



3.4 PT CĂNG DÂY TRONG TRƯỜNG HỢP HAI ĐIỂM TREO DÂY KHÔNG CÙNG ĐỘ CAO

3.4.3 Lực căng tại điểm treo dây

Điều kiện cân bằng cột:

1. Cân bằng lực trên các trục:

$$\sum X = 0 ; \sum Y = 0$$

2. Tổng momen của các lực=0

$$\sum M = 0$$

Cân bằng các lực dọc và ngang:

$$\sum X = T_x \cos \beta_x - T_0 = 0$$

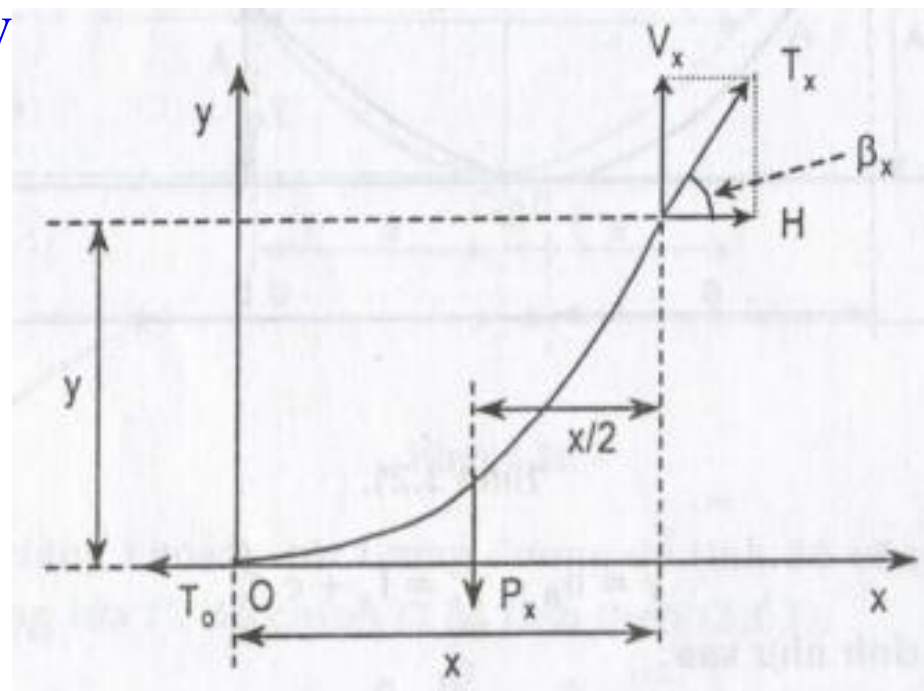
$$\sum Y = T_x \sin \beta_x - P_x = 0$$

$$\Rightarrow H = T_x \cos \beta_x = T_0 \quad ; \quad V_x = T_x \sin \beta_x = P_T x$$

Trong đó:

- P_T : trọng lực 1m dây dẫn.

- $H=T_0$: lực căng dây ở điểm thấp nhất



3.4 PT CĂNG DÂY TRONG TRƯỜNG HỢP HAI ĐIỂM TREO DÂY KHÔNG CÙNG ĐỘ CAO

3.4.3 Lực căng tại điểm treo dây

a. Xét 2 điểm treo dây bằng nhau:

Lực dọc tại hai điểm treo dây bằng nhau:

$x_A = x_B = l/2$, với l là khoảng cột

$$V_A = V_B = V = P_T \cdot l/2$$

b. Hai điểm treo dây không bằng nhau:

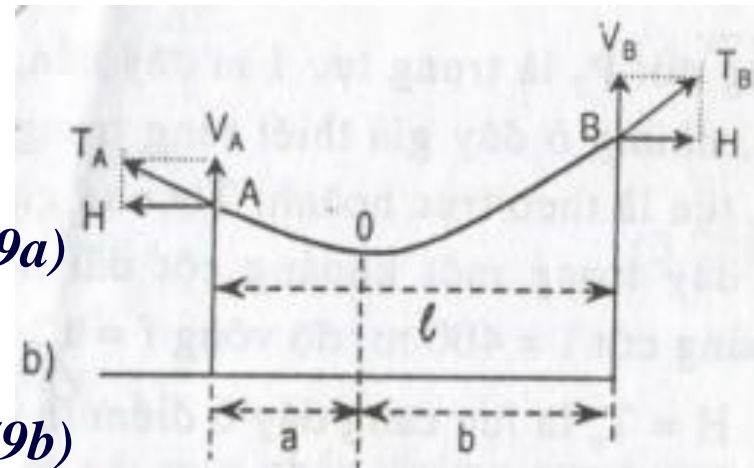
$x_A = a$; $x_B = b$; a, b tính theo (3.65), khi đó:

$$V_A = P_T \cdot a = P_T \left(\frac{l}{2} - \frac{T_0 \cdot \Delta h}{P_T \cdot l} \right) = \frac{P_T \cdot l}{2} - T_0 \cdot \text{tg} \gamma \quad (3.79a)$$

$$V_B = P_T \cdot b = P_T \left(\frac{l}{2} + \frac{T_0 \cdot \Delta h}{P_T \cdot l} \right) = \frac{P_T \cdot l}{2} + T_0 \cdot \text{tg} \gamma \quad (3.79b)$$

Mặt khác $V_A = T_0 \cdot \text{tg} \beta_A$; $V_B = T_0 \cdot \text{tg} \beta_B$ (3.79c)

- β_A, β_B : góc tạo bởi tiếp tuyến với đường căng dây tại A, B với trục hoành



3.4 PT CĂNG DÂY TRONG TRƯỜNG HỢP HAI ĐIỂM TREO DÂY KHÔNG CÙNG ĐỘ CAO

3.4.3 Lực căng tại điểm treo dây

a. Xét 2 điểm treo dây bằng nhau:

Lực dọc tại hai điểm treo dây bằng nhau:

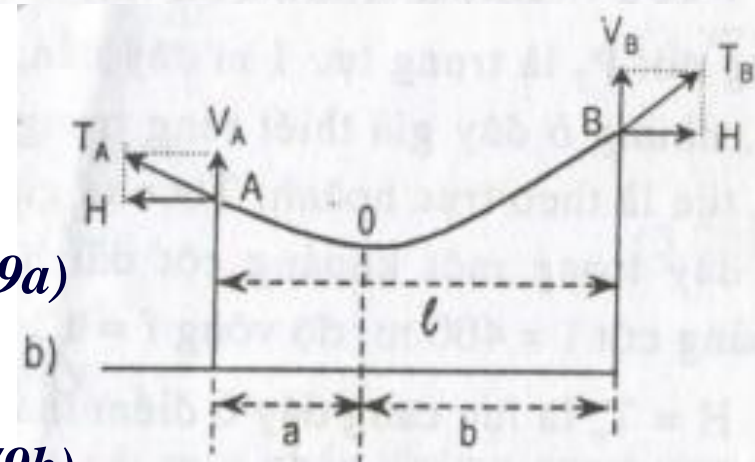
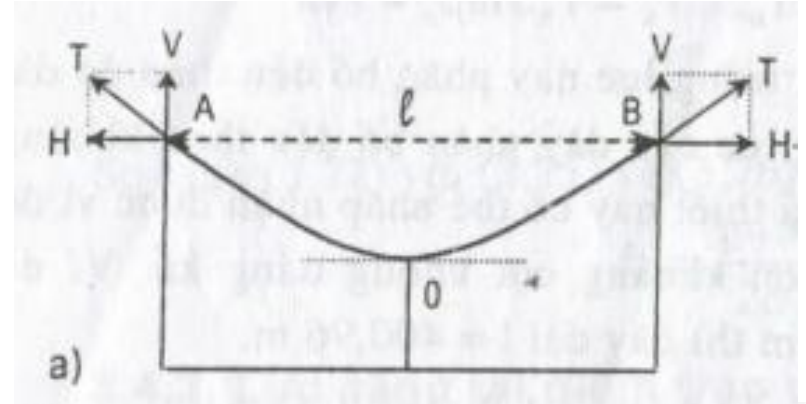
$x_A = x_B = l/2$, với l là khoảng cột

$$V_A = V_B = V = P_T \cdot l/2$$

b. Hai điểm treo dây không bằng nhau:

Điểm A ở bên trái điểm thấp nhất:

$x_A = a$; $x_B = b$; a, b tính theo (3.65), khi đó:



$$V_A = P_T \cdot a = P_T \left(\frac{l}{2} - \frac{T_0 \cdot \Delta h}{P_T \cdot l} \right) = \frac{P_T \cdot l}{2} - T_0 \cdot \text{tg} \gamma \quad (3.79a)$$

$$V_B = P_T \cdot b = P_T \left(\frac{l}{2} + \frac{T_0 \cdot \Delta h}{P_T \cdot l} \right) = \frac{P_T \cdot l}{2} + T_0 \cdot \text{tg} \gamma \quad (3.79b)$$

Mặt khác $V_A = T_0 \cdot \text{tg} \beta_A$; $V_B = T_0 \cdot \text{tg} \beta_B$ (3.79c)

- β_A, β_B : góc tạo bởi tiếp tuyến với đường căng dây tại A, B với trục hoành

3.4 PT CĂNG DÂY TRONG TRƯỜNG HỢP HAI ĐIỂM TREO DÂY KHÔNG CÙNG ĐỘ CAO

3.4.3 Lực căng tại điểm treo dây

c. Hai điểm treo dây không bằng nhau:

Điểm A trùng với điểm thấp nhất.

$a=0, b=l$. Ta có: $V_A = 0; V_B = P_T \cdot l$

d. Hai điểm treo dây không bằng nhau:

Điểm A và B nằm bên phải điểm thấp nhất. Lực dọc đổi dấu vì a có giá trị âm

$$V_A = -P_T \cdot a; V_B = P_T \cdot b$$

Lực V chính là lực kéo căng dây theo chiều dọc.

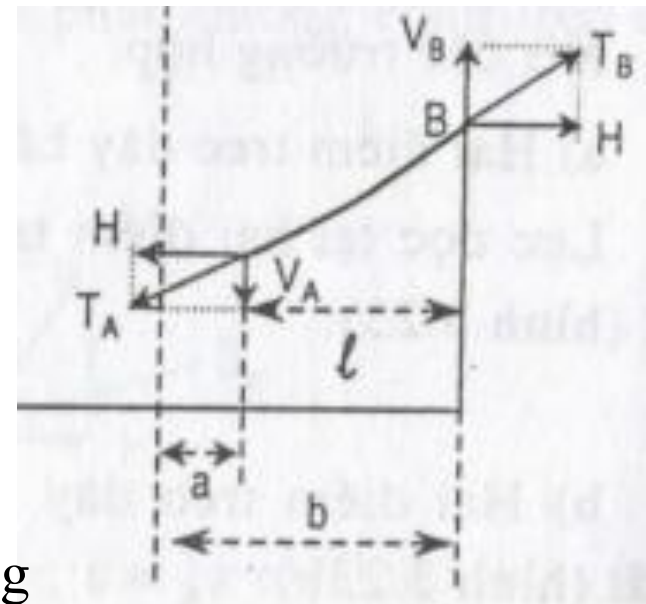
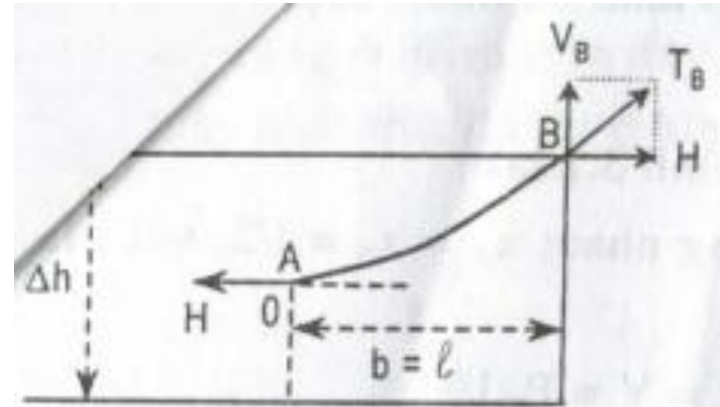
$-V > 0$: kéo dây hướng lên trên.

$-V < 0$: kéo dây xuống dưới.

Đối với chuỗi sứ và cột: V và H là lực ngoài đặt vào cột: $-V > 0$: kéo cột xuống dưới.

$-V < 0$: kéo cột lên trên (lực nhỏ cột);

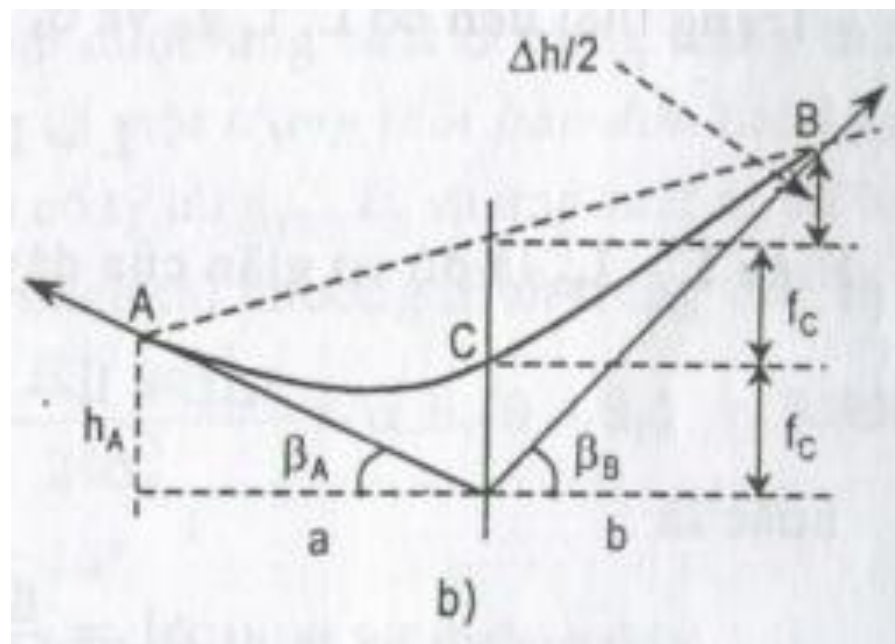
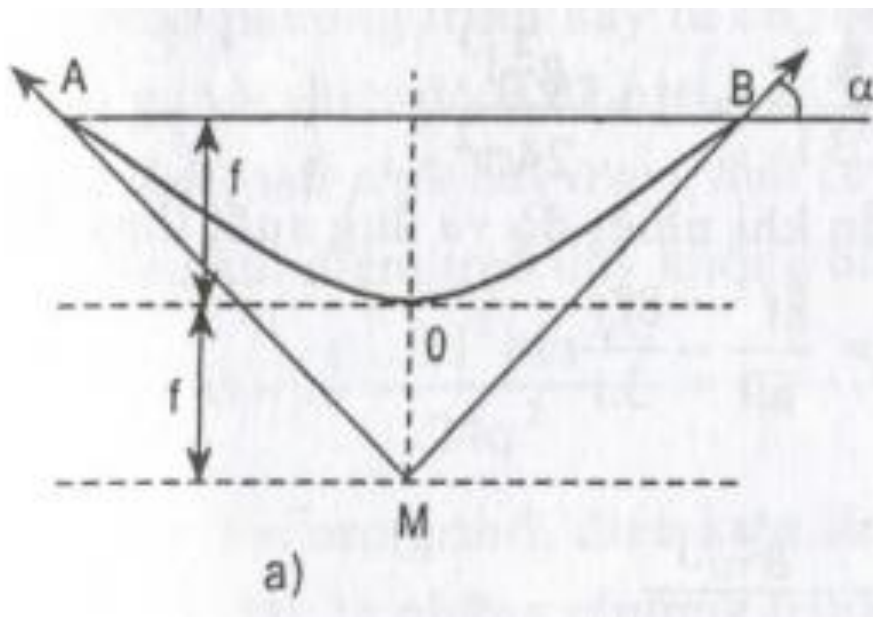
Khi $H = T_0$: lực kéo cột theo chiều ngang (lực căng dây ở điểm thấp nhất). $T_0 = \sigma_0 \cdot F$



3.4 PT CĂNG DÂY TRONG TRƯỜNG HỢP HAI ĐIỂM TREO DÂY KHÔNG CÙNG ĐỘ CAO

3.4.3 Lực căng tại điểm treo dây

Xác định hướng tác động của lực căng (lực kéo dây) tại điểm treo dây



$$\operatorname{tg} \alpha = 4 f / l ; \operatorname{tg} \beta_A = 2 h_A / l ; \operatorname{tg} \beta_B = 2 h_B / l$$

3.5 PHƯƠNG TRÌNH TRẠNG THÁI CỦA DÂY DẪN

Đối với một dây dẫn treo lên hai cột với khoảng cột là l , ở một điều kiện nào đó (t^0 , tốc độ gió,..) thì sẽ tồn tại các thông số ứng suất σ , độ võng f , độ dài đường dây L , tỷ tải g tương ứng. \rightarrow điều kiện làm việc thay đổi \rightarrow các thông số thay đổi theo. Người thiết kế phải tính toán lựa chọn sao cho :

- Trong mọi biến đổi của thời tiết ứng suất σ không được vượt quá giá trị σ_{cp} cho phép vì như vậy sẽ làm hỏng dây dẫn;
- Độ võng không được lớn quá, vì sẽ làm cho khoảng cách an toàn của dây bị vi phạm.

Quy luật biến đổi của σ , độ võng f theo t^0 và tốc độ gió thể hiện qua tỷ tải g và $g_v \rightarrow$ PTTT của dây dẫn

Xét DD cỡ khoảng cột l (m) ở hai TT có t^0 môi trường và tốc độ gió khác nhau.

TT xuất phát trong đó DD trong khoảng cột có độ dài L_m , độ võng f_n , tỷ tải g_{T0} , ứng suất ban đầu ở điểm thấp nhất và nhiệt độ là θ_m . Theo (3.43)

$$L_n = l + \frac{8.f_0^2}{3l} = l + \frac{g_{T0}^2.l^3}{24\sigma_0^2}$$

3.5 PHƯƠNG TRÌNH TRẠNG THÁI CỦA DÂY DẪN

-TT đến có: L , f , g_T và σ , θ

$$L = l + \frac{8.f^2}{3l} = l + \frac{g_T^2.l^3}{24\sigma^2}$$

Hiệu $L-L_0$ là độ co dãn của dây khi nhiệt độ, ứng suất thay đổi

$$\Delta L = L - L_0 = \frac{8.f^2}{3l} - \frac{g_{T0}^2.l^3}{24\sigma_0^2}$$

Hay là:

$$\Delta L = \frac{g_T^2.l^3}{24\sigma^2} - \frac{g_{T0}^2.l^3}{24\sigma_0^2} \quad (3.81)$$

Độ co dãn của DD Δl là do sự biến đổi nhiệt độ và σ trong DD gây ra.
Phần co giãn do ứng suất gây ra:

$$\Delta L_1 = L_0 \left[l + \frac{l}{E} (\sigma - \sigma_0) \right] - L_0$$

E: môđun đàn hồi của DD [kg/mm² hay daN/mm²]

3.5 PHƯƠNG TRÌNH TRẠNG THÁI CỦA DÂY DẪN

Phần co giãn do nhiệt độ gây ra:

$$\Delta L_2 = L_0 [l + \alpha(\theta - \theta_0)] - L_0$$

α : hệ số giãn nở nhiệt của DD

Khi ứng suất và nhiệt độ đồng thời biến đổi thì:

$$\begin{aligned} \Delta L &= L_0 \left[l + \frac{l}{E}(\sigma - \sigma_0) \right] \cdot [l + \alpha(\theta - \theta_0)] - L_0 = \\ &= \left(l + \frac{8f_0^2}{3l} \right) \cdot \left[l + \alpha(\theta - \theta_0) + \frac{l}{E}(\sigma - \sigma_0) + \frac{\alpha}{E}(\sigma - \sigma_0)(\theta - \theta_0) \right] - \left(l + \frac{8f_0^2}{3l} \right) \quad (3.82) \end{aligned}$$

Bỏ qua các thành phần $\frac{\alpha}{E}(\sigma - \sigma_0)(\theta - \theta_0)$ và $\left(l + \frac{8f_0^2}{3l} \right)$

$$\Delta L = l\alpha(\theta - \theta_0) + \frac{l}{E}(\sigma - \sigma_0) \quad (3.83)$$

ΔL tính theo (3.83) phải bằng ΔL tính theo (3.81), nghĩa là:

$$\frac{g_T^2 l^3}{24\sigma^2} - \frac{g_{T0}^2 l^3}{24\sigma_0^2} = l\alpha(\theta - \theta_0) + \frac{l}{E}(\sigma - \sigma_0) \quad (3.84)$$

3.5 PHƯƠNG TRÌNH TRẠNG THÁI CỦA DÂY DẪN

Khai triển và chuyển về PT trên ta được *Phương trình trạng thái của dây dẫn*

$$\sigma - \frac{g_T^2 E.l^2}{24\sigma^2} = \sigma_0 - \frac{g_{T0}^2 E.l^2}{24\sigma_0^2} - \alpha.E.(\theta - \theta_0) \quad (3.85a)$$

Ta tính được σ trong TT có g_T và nhiệt độ θ đã biết xuất phát từ TT ban đầu (TT xuất phát hay TT cơ sở) có g_{T0} , θ_0 và σ_0 đã biết.

Nếu hai điểm treo dây không bằng nhau thì PTTT sẽ là:

$$\sigma - \frac{g_T^2 E.l^2 \cdot \cos^2 \gamma}{24\sigma^2} = \sigma_0 - \frac{g_{T0}^2 E.l^2 \cdot \cos^2 \gamma}{24\sigma_0^2} - \alpha.E.(\theta - \theta_0) \quad (3.85b)$$

trong đó $\gamma = \arctg \Delta h/l$, điều kiện là $\gamma < 14^\circ$

Đây là những PT cơ bản để thiết kế đường dây.

Để giải PT (3.85a) ta đặt:

$$A = \sigma_0 - \frac{g_{T0}^2 \cdot E.l^2}{24\sigma_0^2} - \alpha.E(\theta - \theta_0) \quad ; \quad B = \frac{g_T^2 \cdot E.l^2}{24}$$

Ta có PT bậc 3 của σ :

$$\sigma - \frac{B}{\sigma^2} = A \quad \text{hay} \quad \sigma^3 - A\sigma^2 - B = 0 \quad (3.86a)$$

Giải bằng phương pháp gần đúng để tìm σ

3.5 PHƯƠNG TRÌNH TRẠNG THÁI CỦA DÂY DẪN

Ví dụ: Dây dẫn AC 400, $l=450\text{m}$, $f=14,8\text{m}$ ở nhiệt độ $\theta_0=15^\circ\text{C}$, không có gió. Thông số trung bình của DD theo bảng:

Tiết diện định mức, mm^2 (nhôm/thép)	Tỷ lệ F_A/F_C	Tiết diện phần nhôm F_A, mm^2	Tiết diện phần thép F_C, mm^2	Đường kính dây, mm	Đường kính lõi thép, mm	Trọng lượng riêng, kG/m	Ứng suất phá hoại, σ_{gh} (daN/mm^2)
AC300/48	6,17	295,0	47,8	24,1	8,9	1,186	28,5
AC400/64	6,14	390,0	63,5	27,7	10,2	1,572	27,6
AC70/72	0,972	-	-	15,4	-	0,755	34,7
ACO300/39	7,81	301	38,6	-	-	1,132	26,3
ACY300/66	3,39	288	65,8	-	-	1,313	34,5
ACY300/204	1,46	298	204	-	-	2,428	54,6

Tính ứng suất trong dây σ ở nhiệt độ và tải trọng cơ học thay đổi trong các trạng thái:

- Nhiệt độ cao nhất $\theta_{\max}=40^\circ\text{C}$, $V=0$.
- Trạng thái bão $\theta_B=25^\circ\text{C}$, $V=40\text{m/s}$.

3.5 PHƯƠNG TRÌNH TRẠNG THÁI CỦA DÂY DẪN

Giải: Từ bảng trên ta có:

$$F = F_{Al} + F_{Fe} = 390 + 63,5 = 453,5 \text{ mm}^2.$$

$$P = 1,572 \text{ kg/m}.$$

$$E = 8250 \text{ daN/mm}^2.$$

$$A = 19,2 \cdot 10^{-6} \text{ } 1/^\circ\text{C}.$$

$$g_{T0} = g = 1,572 / 453,5 \times 0,981 = 3,4 \cdot 10^{-3} \text{ daN/m.mm}^2.$$

Trong trạng thái nhiệt độ cao nhất vì không có gió nên tỷ tải của dây cũng bằng tỷ tải ban đầu $g_{T0} = g = 3,4 \cdot 10^{-3} \text{ daN/m.mm}^2$.

a) **Nhiệt độ cao nhất $\theta_{\max} = 40^\circ\text{C}$, $V = 0$. Tính ứng suất σ_0**

$$\sigma_0 = -\frac{g_{T0} \cdot l^2}{8f} = \frac{3,4 \cdot 10^{-3} \cdot 450^2}{8 \cdot 14,8} = 5,815 \text{ daN/mm}^2$$

$$A = \sigma_0 - \frac{g_{T0}^2 \cdot E \cdot l^2}{24\sigma_0^2} - \alpha \cdot E (\theta - \theta_0) =$$

$$= 5,815 - \frac{(3,4 \cdot 10^{-3})^2 \times 8250 \times 450^2}{24 \times 5,815^2} - 19,2 \cdot 10^{-6} \times 8250 \times (40 - 15) = -21,942$$

$$B = \frac{g_T^2 \cdot E \cdot l^2}{24} = \frac{(3,4 \cdot 10^{-3})^2 \times 8250 \times 450^2}{24} = 804,684$$

3.5 PHƯƠNG TRÌNH TRẠNG THÁI CỦA DÂY DẪN

Ta có PT: $\sigma_{0max} - \frac{B}{\sigma_{0max}^2} = A$ hay $\sigma_{0max} - \frac{804,684}{\sigma_{0max}^2} = -21,942$

$$\Rightarrow \sigma_{0max} = 5,422 daN/mm^2$$

Tính độ võng: $f = \frac{g_T \cdot l^2}{8\sigma_{0max}} = \frac{3,4 \times 450^2}{8 \times 5,422} = 15,873m$

Đây là độ võng lớn nhất của dây dẫn

b) Trạng thái bão $\theta_B=25^{\circ}C$, $V=40m/s$.

Trước tiên tính q_v theo tốc độ gió

$$q_v = 0,981 \times V^2 / 16 = 0,981 \times 40^2 / 16 = 98,1 daN/mm^2$$

Tra ra $\alpha=0,7$, dây AC400 có $d=27,7mm$ nên $k_1=1$, $C_x=1,1$

$$P_v = k_1 \cdot \alpha \cdot C_x \cdot q_v \cdot d \cdot 10^{-3} = 1 \times 0,7 \times 1,1 \times 98,1 \times 27,7 \cdot 10^{-3} = 2,092 daN/m$$

$$g_{vB} = \frac{P_v}{F} = \frac{2,092}{453,5} = 4,6 \cdot 10^{-3} daN/mm^2$$

$$g_B = \sqrt{g^2 + g_{vB}^2} = \sqrt{(3,4 \cdot 10^{-3})^2 + (4,6 \cdot 10^{-3})^2} = 5,72 \cdot 10^{-3} daN/mm^2$$

3.5 PHƯƠNG TRÌNH TRẠNG THÁI CỦA DÂY DẪN

$$\cos \varphi_i = \frac{g}{g_B} = \frac{3,4 \cdot 10^{-3}}{5,72 \cdot 10^{-3}} = 0,5944 \Rightarrow \sin \varphi_i = 0,8042$$

$$A = \sigma_0 - \frac{g_{T0}^2 \cdot E \cdot l^2}{24 \sigma_0^2} - \alpha \cdot E (\theta - \theta_0) =$$
$$= 5,815 - \frac{(3,4 \cdot 10^{-3})^2 \times 8250 \times 450^2}{24 \times 5,815^2} - 19,2 \cdot 10^{-6} \times 8250 \times (25 - 15) = -19,566$$

$$B = \frac{g_B^2 \cdot E \cdot l^2}{24} = \frac{(5,72 \cdot 10^{-3})^2 \times 8250 \times 450^2}{24} = 2277,6$$

$$\sigma_B - \frac{2277,6}{\sigma_B^2} = -19,566 \Rightarrow \sigma_B = 8,939 \text{ daN/mm}^2$$

Ta có:

$$f = \frac{g_B \cdot l^2}{8 \sigma_B} = \frac{5,72 \times 450^2}{8 \times 8,939} = 16,197 \text{ m}$$

$$f_d = f \cdot \cos \varphi_i = 16,197 \times 0,5944 = 9,627 \text{ m}$$

$$f_n = f \cdot \sin \varphi_i = 16,197 \times 0,8042 = 13,02 \text{ m}$$

3.6 KHOẢNG CỘT TỚI HẠN CỦA DÂY DẪN

3.6.1 Khái niệm chung

Để DD có thể làm việc được thì ứng suất σ trong DD trong mọi trạng thái phải nhỏ hơn σ_{cp} của dây trong trạng thái đó.

Nếu biết được trạng thái có ứng suất vận hành lớn nhất, lấy $\sigma = \sigma_{cp}$ thì ứng suất tính được của tất cả các trạng thái sẽ thỏa mãn ĐK nhỏ hơn ứng suất cho phép.

Có 3 trạng thái ứng suất:

1. Nhiệt độ thấp nhất.
2. Bão.
3. Nhiệt độ trung bình.

Trạng thái nào trong 3 TT trên có thể ra ứng suất vượt khung cho phép trong DD để chọn làm TT xuất phát → độ dài khoảng cột của đường dây.

Phải xác định khoảng cột tới hạn l_k

3.6 KHOẢNG CỘT TỚI HẠN CỦA DÂY DẪN

3.6.1 Khái niệm chung

Khoảng cột tới hạn $l_{k \text{ xác}}$ định từng cặp trong 3 TT ứng suất

VD: cặp TT 1 và 2, đó là khoảng cột muốn lấy TT nào để làm TT xuất phát cũng được.

$l < l_k$: lấy TT 1 (hoặc 2).

$l > l_k$: lấy TT 2 làm TT xuất phát.

Có 3 khoảng cột tới hạn:

1. l_{1k} : khoảng cột tới hạn giữa TT nhiệt độ trung bình và TT lạnh nhất.
2. l_{2k} : khoảng cột tới hạn giữa TT lạnh nhất và TT bão.
3. l_{3k} : khoảng cột tới hạn giữa TT nhiệt độ trung bình và TT bão.

3.6 KHOẢNG CỘT TỐI HẠN CỦA DÂY DẪN

3.6.2 Khoảng cột tối hạn l_{2k}

Khoảng cột tối hạn l_{2k} là khoảng cột giữa TT lạnh nhất và TT bão, đây là 2 TT có thể xảy ra ứng suất lớn nhất

Để đảm bảo ứng suất cho phép trong 2 TT này ta thực hiện một trong 2 cách sau:

1. Lấy TT bão làm TT xuất phát, lấy ứng suất TT này bằng σ_{cp} . Tính xem trong TT nhỏ nhất ứng suất diễn biến thế nào khi khoảng cột l thay đổi $\sigma_{0min}=f_1(l)$.
2. Lấy TT lạnh nhất làm TT xuất phát, lấy ứng suất TT này bằng σ_{cp} . Tính xem trong TT nhỏ nhất ứng suất diễn biến thế nào khi khoảng cột l thay đổi $\sigma_B=f_2(l)$.

3.6 KHOẢNG CỘT TỚI HẠN CỦA DÂY DẪN

3.6.2 Khoảng cột tới hạn l_{2k}

Cách tính là giải PT TT sau khi cho l biến đổi từ $0 \rightarrow \infty$

Cho $\sigma_{0min} = f_1(l)$.

$$\sigma_{0min} - \frac{E \cdot l^2 \cdot g_{0min}^2}{24 \sigma_{0min}^2} = \sigma_{cp} - \frac{E \cdot l^2 \cdot g_B^2}{24 \sigma_{cp}^2} - \alpha \cdot E (\theta_{min} - \theta_B) \quad (3.87)$$

Cho $\sigma_B = f_2(l)$.

$$\sigma_B - \frac{E \cdot l^2 \cdot g_B^2}{24 \sigma_B^2} = \sigma_{cp} - \frac{E \cdot l^2 \cdot g^2}{24 \sigma_{cp}^2} - \alpha \cdot E (\theta_B - \theta_{min}) \quad (3.88)$$

Với: θ_{min} : nhiệt độ thấp nhất.

θ_B : nhiệt độ TT bão.

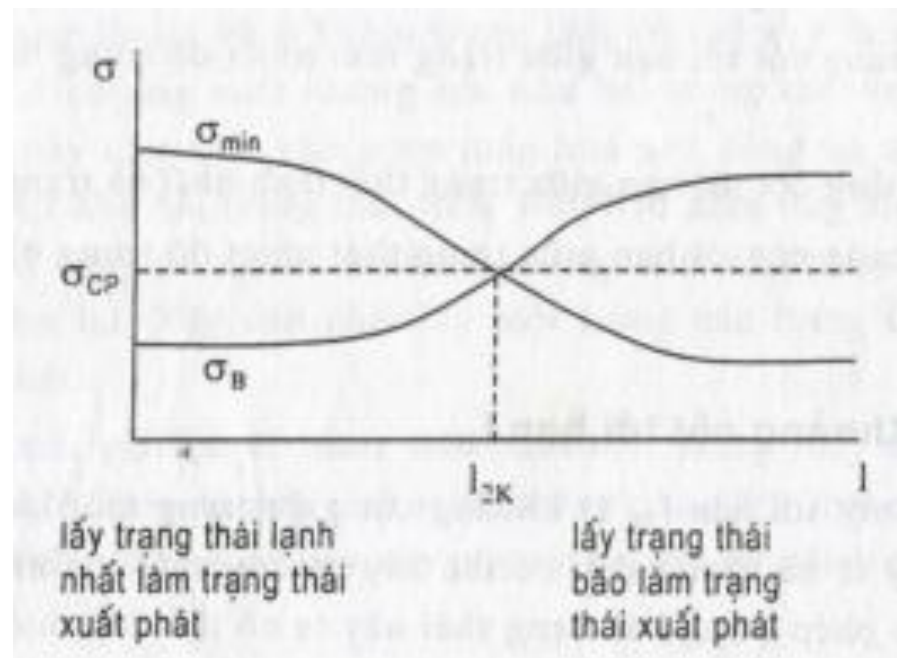
$\sigma_{cp} = f_1(l)$.

3.6 KHOẢNG CỘT TỐI HẠN CỦA DÂY DẪN

3.6.2 Khoảng cột tối hạn l_{2k}

Ta lập được đồ thị

Khoảng cột l_{2k} là giới hạn để lựa chọn TT xuất phát hay còn gọi là khoảng cột tối hạn số 2



Khi thiết kế:

$l < l_{2k}$: chọn TT lạnh nhất làm TT xuất phát để tính ứng suất \rightarrow độ võng thi công (ứng suất TT bão nhỏ hơn σ_{cp}).

$l > l_{2k}$: chọn TT bão làm TT xuất phát để tính ứng suất (ứng suất TT lạnh nhất nhỏ hơn σ_{cp}).

$l = l_{2k}$: chọn tùy ý một trong hai TT làm TT xuất phát vì có ứng suất bằng nhau

3.6 KHOẢNG CỘT TỚI HẠN CỦA DÂY DẪN

3.6.2 Khoảng cột tới hạn l_{2k}

Để tính khoảng cột tới hạn ta dùng (3.86) hoặc (3.87), trong đó σ_{\min} và σ_B lấy bằng σ_{cp}

$$l_{2k} = \sigma_{cp} \sqrt{\frac{24\alpha(\theta_B - \theta_{\min})}{g_B^2 - g_{0\min}^2}} \quad (3.89)$$

Mặt khác $g_B^2 = g^2 + g_{vB}^2$; $g_{0\min}^2 = g^2$ -g: tỷ tải do trọng lượng
- g_{vB} : tỷ tải do gió

$$l_{2k} = \frac{\sigma_{cp}}{g_{vB}} \sqrt{24\alpha(\theta_B - \theta_{\min})} \quad (3.90)$$

Sau khi tính được khoảng cột tới hạn l_{2k} ta so sánh với khoảng cột thực tế l :
 $l > l_{2k}$: ứng suất lớn nhất xảy ra trong TT bão. Vậy ta lấy TT bão làm TT xuất phát, trong đó ứng suất bằng σ_{cp} để tính toán.

$l < l_{2k}$: ứng suất lớn nhất xảy ra trong TT nhiệt độ thấp và ta lấy TT này làm TT xuất phát để tính. Ứng suất trong TT này là σ_{cp} .

$l = l_{2k}$: xuất phát từ TT nào cũng được.

3.6 KHOẢNG CỘT TỚI HẠN CỦA DÂY DẪN

3.6.3 Khoảng cột tới hạn l_{1k} và l_{3k}

Nếu không có hạn chế về σ trong TT nhiệt độ trung bình năm \rightarrow tính dây dẫn theo l_{2k} .
Do σ_{cp} trong TTTB nhỏ hơn các TT bão và lạnh nhất $\rightarrow \sigma$ thực tế trong TTTB có thể lớn hơn σ_{cp} trong TT này σ_{TBcp}

Xét quan hệ:

- $\sigma_{tb1} = f_3(l)$ với TT xuất phát là TT lạnh nhất.
- $\sigma_{tb2} = f_4(l)$ với TT xuất phát là TT bão.
- Đường σ_{TBcp} cắt σ_{tb1} tại C và cắt σ_{tb2} tại D

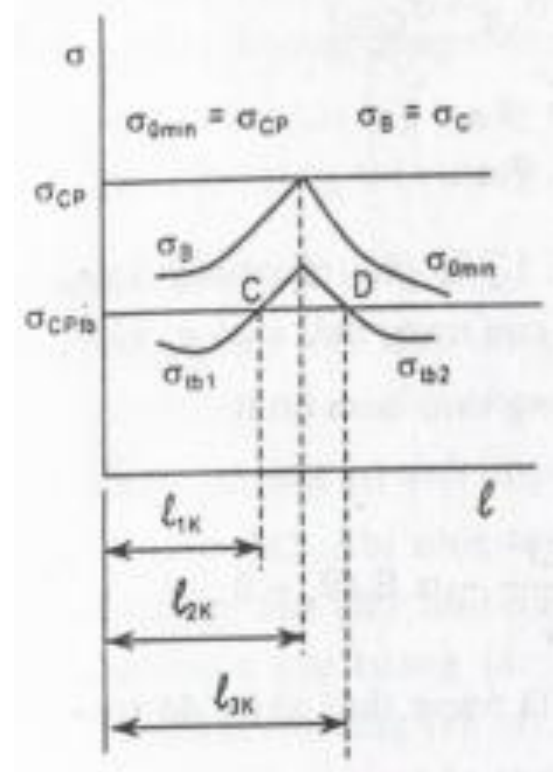
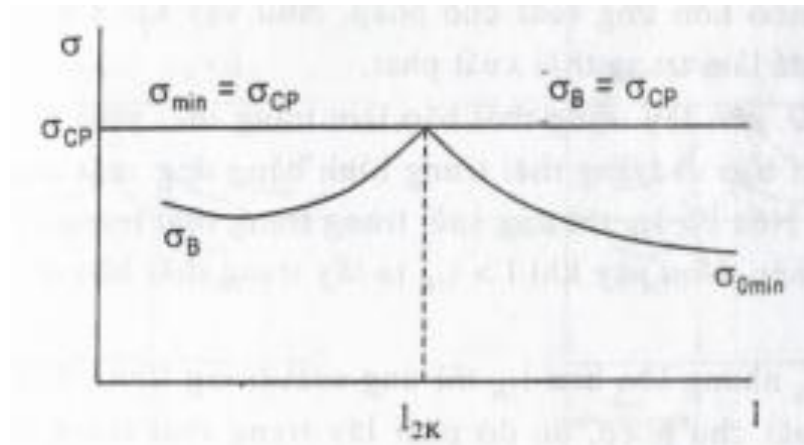
Tại C: Nếu lấy TT xuất phát là TT lạnh nhất:

$\sigma_{0min} = \sigma_{tb} = \sigma_{cp} \rightarrow l < l_{1k}$ TT xuất phát là TT lạnh nhất

Tại D: Nếu lấy TT xuất phát là TT bão:

$\sigma_B = \sigma_{tb} = \sigma_{cp} \rightarrow l < l_{3k}$ TT xuất phát là TT bão.

Nếu $l_{1k} < l < l_{3k}$: phải lấy TTTB làm TT xuất phát



3.6 KHOẢNG CỘT TỐI HẠN CỦA DÂY DẪN

3.6.3 Khoảng cột tối hạn l_{1k} và l_{3k}

Tính l_{1k} . Từ PT tính TTTB theo TT lạnh nhất

$$\sigma_{CPtb} - \frac{E \cdot l_{1k}^2 \cdot g_{tb}^2}{24 \sigma_{tb}^2} = \sigma_{CP} - \frac{E \cdot l_{1k}^2 \cdot g_{0min}^2}{24 \sigma_{cp}^2} - \alpha \cdot E (\theta_{tb} - \theta_{min})$$

Ta rút ra:

$$l_{1k} = \sigma_{cp} \sqrt{\frac{\alpha E (\theta_{min} - \theta_{tb}) + (\sigma_{CP} - \sigma_{CPtb})}{\frac{E}{24} \left[\left(\frac{g_{0min}}{\sigma_{CP}} \right)^2 - \left(\frac{g_{tb}}{\sigma_{CPtb}} \right)^2 \right]}} \quad (3.93)$$

3.6 KHOẢNG CỘT TỐI HẠN CỦA DÂY DẪN

3.6.3 Khoảng cột tối hạn l_{1k} và l_{3k}

Tương tự cho l_{3k} . Từ PT tính TTTB theo TT bão

$$\sigma_{CPtb} - \frac{E \cdot l_{3k}^2 \cdot g_{tb}^2}{24 \sigma_{tb}^2} = \sigma_{CP} - \frac{E \cdot l_{3k}^2 \cdot g_B^2}{24 \sigma_{cp}^2} - \alpha \cdot E (\theta_{tb} - \theta_B)$$

Ta rút ra:

$$l_{3k} = \sigma_{cp} \sqrt{\frac{\alpha E (\theta_B - \theta_{tb}) + (\sigma_{CP} - \sigma_{CPtb})}{\frac{E}{24} \left[\left(\frac{g_B}{\sigma_{CP}} \right)^2 - \left(\frac{g_{tb}}{\sigma_{CPtb}} \right)^2 \right]}} \quad (3.94)$$

3.6 KHOẢNG CỘT TỚI HẠN CỦA DÂY DẪN

3.6.3 Khoảng cột tới hạn l_{1k} và l_{3k}

Tóm lại, trong trường hợp $l_{1k} < l_{2k} < l_{3k}$, ta phải áp dụng TT xuất phát và dùng công thức để tính σ_x có g_x và θ_x như sau:

- Khi $l < l_{1k}$: TT xuất phát là TT lạnh nhất:

$$\sigma_x - \frac{E \cdot l^2 \cdot g_x^2}{24 \sigma_x^2} = \sigma_{CP} - \frac{E \cdot l^2 \cdot g_{0min}^2}{24 \sigma_{CP}^2} - \alpha \cdot E (\theta_x - \theta_{min}) \quad (3.95)$$

- Khi $l_{1k} < l_{2k} < l_{3k} < l_{1k}$: TT xuất phát là TT nhiệt độ TB:

$$\sigma_x - \frac{E \cdot l^2 \cdot g_x^2}{24 \sigma_x^2} = \sigma_{CPtb} - \frac{E \cdot l^2 \cdot g_{tb}^2}{24 \sigma_{CPtb}^2} - \alpha \cdot E (\theta_x - \theta_{tb}) \quad (3.96)$$

- Khi $l > l_{3k}$: TT xuất phát là TT bão:

$$\sigma_x - \frac{E \cdot l^2 \cdot g_x^2}{24 \sigma_x^2} = \sigma_{CPtb} - \frac{E \cdot l^2 \cdot g_B^2}{24 \sigma_{CP}^2} - \alpha \cdot E (\theta_x - \theta_B) \quad (3.97)$$

3.6 KHOẢNG CỘT TỚI HẠN CỦA DÂY DẪN

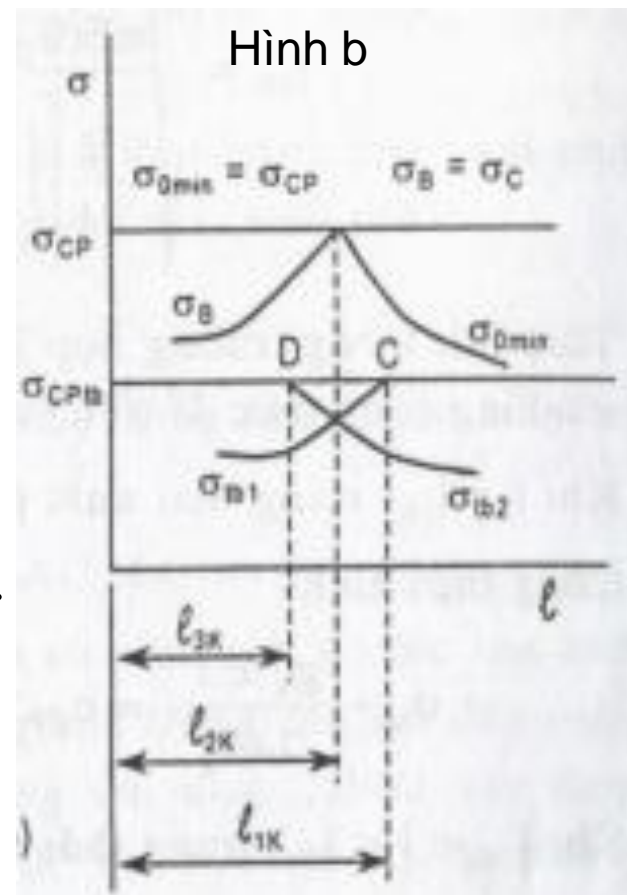
3.6.3 Khoảng cột tới hạn l_{1k} và l_{3k}

Trường hợp $l_{1k} > l_{3k}$ như hình b ta thấy:

- Khi $l < l_{2k}$: σ trong TTTB luôn thấp hơn σ_{CPtb} .
- Khi $l > l_{2k}$: σ trong TTTB cũng luôn thấp hơn σ_{CPtb} .
- Do đó không cần phải tính đến l_{1k} và l_{3k} , DD chỉ tính theo l_{2k} .

Hay

- Khi $l < l_{2k}$: TT xuất phát là TT lạnh nhất.
- Khi $l > l_{2k}$: TT xuất phát là TT bão.

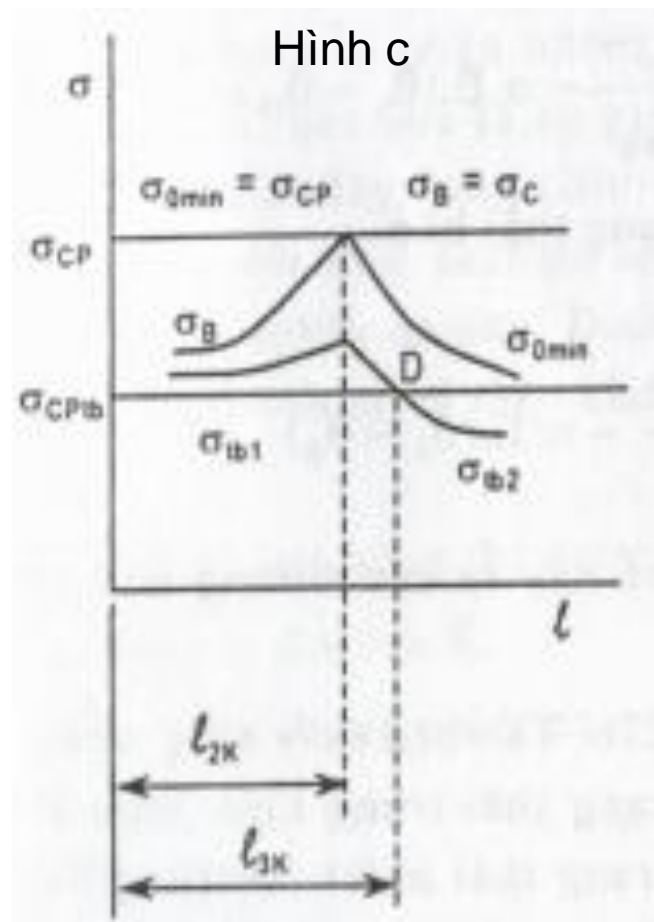
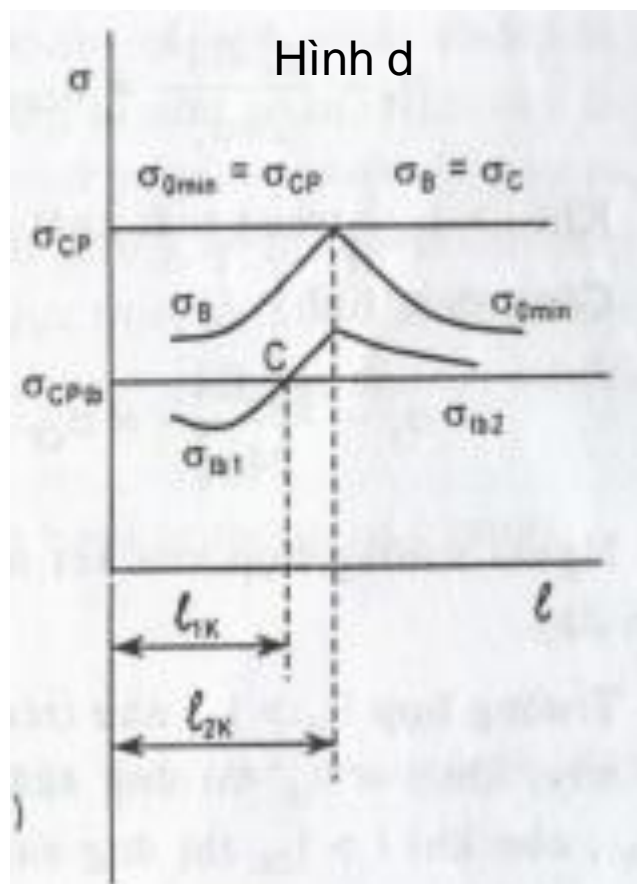


3.6 KHOẢNG CỘT TỚI HẠN CỦA DÂY DẪN

3.6.3 Khoảng cột tới hạn l_{1k} và l_{3k}

Trường hợp không có l_{1k} chỉ có l_{2k} và l_{3k} : (H.c)

- Khi $l < l_{3k}$: TT xuất phát là TTTB.
- Khi $l > l_{3k}$: TT xuất phát là TT bão.



Trường hợp không có l_{3k} chỉ có l_{1k} và l_{2k} : (H.d)

- Khi $l < l_{1k}$: TT xuất phát là TT lạnh nhất.
- Khi $l > l_{1k}$: TT xuất phát là TTTB.

3.6 KHOẢNG CỘT TỐI HẠN CỦA DÂY DẪN

3.6.4 Tính toán dây AC

Đối với dây AC, khi nhiệt độ thay đổi sự giãn nở chung phải là một, nhưng bên trong các sợi nhôm và thép xuất hiện lực tương tác giữa chúng với nhau. Thực tế ví dụ như nhiệt độ tăng thì phần nhôm giãn ra nhiều hơn, phần thép ít hơn, nhưng do chúng được bên chặt vào nhau do chế tạo nên phần thép bị phần nhôm kéo dài thêm, còn phần nhôm bị phần thép co ngắn lại, kết quả là chúng có cùng mức co giãn.

Như vậy cả hai phần đều chịu một σ phụ do nhiệt độ gây ra, σ này cộng với σ do tải trọng cơ gây ra tạo thành σ thực trong mỗi phần của dây.

Bài toán là đối với dây AC là phải xác định được các thông chung cho chúng:

Môđun đàn hồi E_0 ,

Ứng suất giả tương σ_{gt} ,

Hệ số giãn nở nhiệt đẳng trị α_0 ,

Hệ số kéo dài đàn hồi đẳng trị β_0 .

3.6 KHOẢNG CỘT TỐI HẠN CỦA DÂY DẪN

3.6.4.1 Tính môđun đàn hồi E

Khi dây AC chịu lực kéo T, thì lực này được phân cho cả hai phần nhôm T_{AL} và thép T_{Fe} : $T = T_{AL} + T_{Fe}$. Khi đó ứng suất giả thiết sẽ là:

$$\sigma_{gt} = \frac{T}{F} = \frac{T}{F_{AL} + F_{Fe}} \quad (3.99)$$

trong đó F_{AL} , F_{Fe} là thiết diện phần nhôm và phần thép $F = F_{AL} + F_{Fe}$ (3.100)

Khi bị lực kéo $T = \sigma_{gt} (F_{AL} + F_{Fe})$ (3.101) tác động, dây dẫn ra Δl .

$$\Delta l = \frac{\sigma_{gt}}{E_o} = \frac{\sigma_{AL}}{E_{AL}} = \frac{\sigma_{Fe}}{E_{Fe}} \quad (3.102)$$

$$\Rightarrow \left. \begin{array}{l} \sigma_{AL} = \sigma_{gt} \cdot \frac{\sigma_{AL}}{E_o} \\ \sigma_{Fe} = \sigma_{gt} \cdot \frac{\sigma_{Fe}}{E_o} \end{array} \right\} (3.103) \quad \text{hay} \quad \sigma_{gt} = \sigma_{AL} \cdot \frac{E_o}{E_{AL}} = \sigma_{Fe} \cdot \frac{E_o}{E_{Fe}} \quad (3.104)$$

3.6 KHOẢNG CỘT TỐI HẠN CỦA DÂY DẪN

3.6.4.1 Tính môđun đàn hồi E

Khi dây AC chịu lực kéo T, thì lực này được phân cho cả hai phần nhôm T_{AL} và thép T_{Fe} : $T = T_{AL} + T_{Fe}$. Khi đó ứng suất giả thiết sẽ là:

$$\sigma_{gt} = \frac{T}{F} = \frac{T}{F_{AL} + F_{Fe}} \quad (3.99)$$

trong đó F_{AL} , F_{Fe} là thiết diện phần nhôm và phần thép $F = F_{AL} + F_{Fe}$ (3.100)

Khi bị lực kéo $T = \sigma_{gt} (F_{AL} + F_{Fe})$ (3.101) tác động, dây dẫn ra Δl .

$$\Delta l^* = \frac{\sigma_{gt}}{E_o} = \frac{\sigma_{AL}}{E_{AL}} = \frac{\sigma_{Fe}}{E_{Fe}} \quad (3.102)$$

$$\Rightarrow \left. \begin{array}{l} \sigma_{AL} = \sigma_{gt} \cdot \frac{\sigma_{AL}}{E_o} \\ \sigma_{Fe} = \sigma_{gt} \cdot \frac{\sigma_{Fe}}{E_o} \end{array} \right\} (3.103) \quad \text{hay} \quad \sigma_{gt} = \sigma_{AL} \cdot \frac{E_o}{E_{AL}} = \sigma_{Fe} \cdot \frac{E_o}{E_{Fe}} \quad (3.104)$$

3.6 KHOẢNG CỘT TỚI HẠN CỦA DÂY DẪN

3.6.4.1 Tính môđun đàn hồi E

Từ (3.99) ta có $\sigma_{gt} (F_{AL} + F_{Fe}) = \sigma_{Al} \cdot F_{Al} + \sigma_{Fe} \cdot F_{Fe}$ (3.104)

Áp dụng (3.102) vào (3.104)

$$\Delta l^* \cdot E \cdot (F_{AL} + F_{Fe}) = \Delta l^* E_{AL} \cdot F_{AL} + \Delta l^* E_{Fe} \cdot F_{Fe} \quad (3.105)$$

Đặt $a = \frac{E_{AL}}{E_{Fe}}$, (3.107) ta có:

$$E = \frac{E_{Fe} \cdot F_{Fe} + E_{AL} \cdot F_{AL}}{F_{AL} + F_{Fe}} = \frac{a \cdot E_{AL} + E_{Fe}}{(1+a)} \quad (3.106)$$

Nghịch đảo của E là hệ số đàn hồi β : $\beta = \frac{1}{E} = \frac{1+a}{F_{Fe} + aE_{AL}}$ (3.108)

Thay E theo (3.106) vào (3.103):

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{AL} &= \sigma_{gt} \frac{E_{AL}}{E_o} = \sigma_{gt} \frac{E_{AL}(1+a)}{E_{Fe} + aE_{AL}} \\ \sigma_{Fe} &= \sigma_{gt} \cdot \frac{E_{Fe}}{E_o} = \sigma_{gt} \frac{E_{FE}(1+a)}{E_{Fe} + aE_{AL}} \end{aligned} \right\} \quad (3.109)$$

Công thức (3.109) cho phép tính ứng suất của Fe và Al khi biết ứng suất giả tưởng.

3.6 KHOẢNG CỘT TỐI HẠN CỦA DÂY DẪN

3.6.4.1 Tính môđun đàn hồi E

Ta cũng tính được sự phân bố lực kéo giữa Al và Fe bằng cách thay:

$$\sigma_{Al} = \frac{T_{AL}}{T_{Al}} ; \sigma_{Fe} = \frac{T_{Fe}}{T_{Fe}} ; \sigma_{gt} = \frac{T}{F_{Fe} + F_{Al}}$$

Vào (3.109) ta được:

$$\left. \begin{aligned} T_{AL} &= \frac{T \cdot E_{AL} \cdot a}{E_{Fe} + a \cdot E_{Al}} \\ T_{Fe} &= \frac{T \cdot E_{Fe}}{E_{Fe} + a \cdot E_{Al}} \end{aligned} \right\} (3.110)$$

3.6 KHOẢNG CỘT TỚI HẠN CỦA DÂY DẪN

3.6.4.2 Tính hệ số giãn nở nhiệt đẳng trị α

DD được sản xuất ở nhiệt độ θ_0 và có độ dài L .

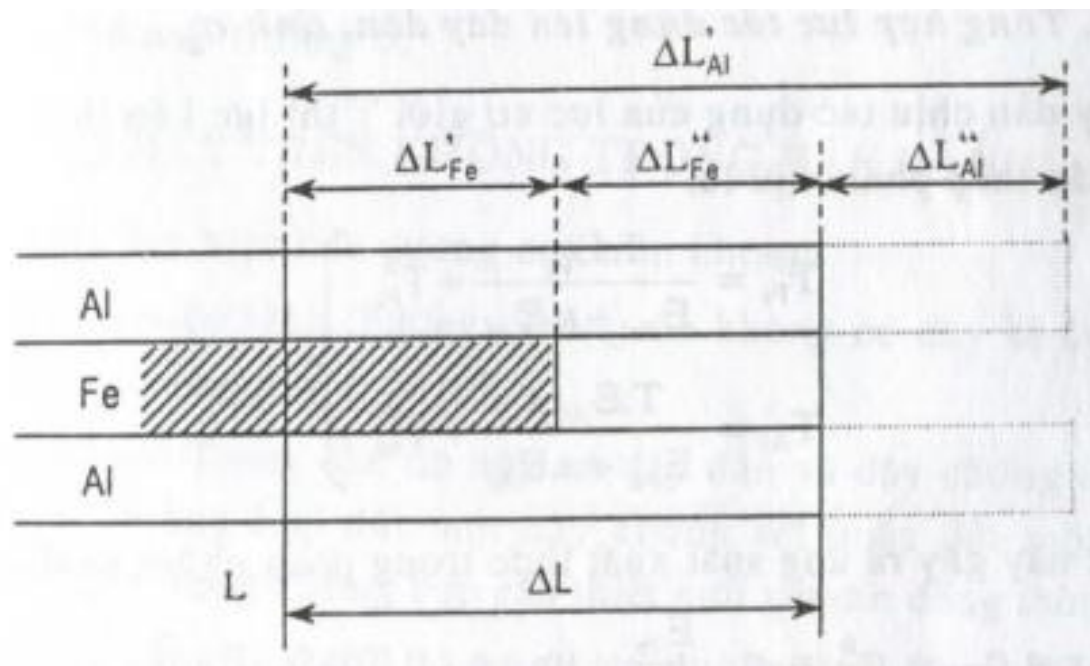
- Khi $\theta > \theta_0$ dây dẫn nở dài ra.

- Khi $\theta < \theta_0$ dây co ngắn lại.

Nhôm co dẫn theo nhiệt độ nhiều hơn thép \rightarrow bện chặt vào nhau nên độ co dẫn như nhau.

Lực ma sát trên bề mặt tiếp xúc giữa hai phần T_{Fe}^0 và T_{Al}^0

Khi $\theta = \theta_0$ các lực này bằng không. Xét $\theta > \theta_0$



3.6 KHOẢNG CỘT TỚI HẠN CỦA DÂY DẪN

3.6.4.2 Tính hệ số giãn nở nhiệt đẳng trị α

Do ma sát giữa Al và Fe:

- Fe bị phân Al kéo dài ra đoạn: $\Delta L''_{Fe}$
 - Al bị Fe co lại đoạn $\Delta L''_{Al}$
- Dây bị kéo dài một đoạn chung ΔL (tổng của Al và Fe)

$$\left. \begin{aligned} \Delta L^0 &= \Delta L^0_{Fe} = \Delta L^0_{Al} = \alpha (\theta - \theta_0) \cdot L \\ \Delta L^0_{Fe} &= \Delta L'_{Fe} + \Delta L''_{Fe} \\ \Delta L^0_{Al} &= \Delta L'_{Al} + \Delta L''_{Al} \end{aligned} \right\} (3.111)$$

a. Xét phần thép:

- Phần giãn nở do nhiệt độ gây ra $\Delta L'_{Fe} = \alpha_{Fe} (\theta - \theta_0) \cdot L$ (3.112)
- Phần do ma sát gây ra, lực này có dấu (+) vì làm cho dây dài ra:

$$\Delta L''_{Fe} = \frac{T^0_{Fe} \cdot L}{E_{Fe} \cdot F_{Fe}} \quad (3.113)$$

Tổng độ dài tăng thêm:

$$\Delta L^0_{Fe} = \Delta L'_{Fe} + \Delta L''_{Fe} = \alpha_{Fe} (\theta - \theta_0) \cdot L + \frac{T^0_{Fe} \cdot L}{E_{Fe} \cdot F_{Fe}} \quad (3.114)$$

3.6 KHOẢNG CỘT TỚI HẠN CỦA DÂY DẪN

3.6.4.2 Tính hệ số giãn nở nhiệt đẳng trị α

b. Xét phần nhôm:

-Phần giãn nở do nhiệt độ gây ra: $\Delta L'_{Al} = \alpha_{Al} (\theta - \theta_0) \cdot L$ (3.115)

-Phần do ma sát gây ra, lực này có dấu (-) vì làm cho dây co lại:

$$\Delta L''_{Al} = \frac{T_{Al}^0 \cdot L}{E_{Al} \cdot F_{Al}} \quad (3.116)$$

Tổng độ dài tăng thêm vì $\Delta L''_{Al}$ mang dấu (-) nên:

$$\Delta L^0_{Al} = \Delta L'_{Al} + \Delta L''_{Al} = \alpha_{Al} (\theta - \theta_0) \cdot L + \frac{T_{Al}^0 \cdot L}{E_{Al} \cdot F_{Al}} \quad (3.117)$$

Nếu $\theta < \theta_0 \rightarrow$ Al bị kéo dài hơn còn Fe bị co ngắn lại, khi đó Al co nhiều hơn phần Fe. Theo (3.111) và (3.114):

$$\alpha_{Fe} (\theta - \theta_0) \cdot L + \frac{T_{Fe}^0 \cdot L}{E_{Fe} \cdot F_{Fe}} = \alpha (\theta - \theta_0) \cdot L \quad (3.118)$$

$$\Rightarrow T_{Fe}^0 = (\alpha - \alpha_{Fe}) \cdot (\theta - \theta_0) \cdot E_{Fe} \cdot F_{Fe} \quad (3.119)$$

$$T_{Al}^0 = (\alpha - \alpha_{Al}) \cdot (\theta - \theta_0) \cdot E_{Al} \cdot F_{Al} \quad (3.120)$$

3.6 KHOẢNG CỘT TỚI HẠN CỦA DÂY DẪN

3.6.4.2 Tính hệ số giãn nở nhiệt đẳng trị α

Từ các lực kéo ta tính được ứng suất phụ thêm do nhiệt độ bằng cách chia cho tiết diện tương ứng;

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{Fe} &= \frac{T_{Fe}^0}{F_{Fe}} = (\alpha - \alpha_{Fe}) \cdot (\theta - \theta_{Fe}) \cdot E_{Fe} \\ \sigma_{Al} &= \frac{T_{Al}^0}{F_{Al}} = (\alpha - \alpha_{Al}) \cdot (\theta - \theta_{Al}) \cdot E_{Al} \end{aligned} \right\} \quad (3.121)$$

(3.120) và (3.121) là công thức tổng quát, nếu F và σ mang dấu (+) \rightarrow dây bị kéo, dấu (-) \rightarrow dây bị nén.

Nếu $\theta < \theta_0 \rightarrow T_{Fe}^0 < 0$; $T_{Al}^0 > 0$ thì Fe bị nén còn Al bị kéo. Cân bằng lực Al và Fe ta được:

$$T_{Fe}^0 + T_{Al}^0 = 0$$

$$\text{Ta có: } (\alpha - \alpha_{Fe}) \cdot (\theta - \theta_0) E_{Fe} \cdot F_{Fe} + (\alpha - \alpha_{Al}) \cdot (\theta - \theta_0) E_{Al} \cdot F_{Al} = 0$$

$$\Rightarrow \alpha = \frac{\alpha_{Fe} \cdot E_{Fe} \cdot F_{Fe} + \alpha_{Al} \cdot E_{Al} \cdot F_{Al}}{E_{Fe} \cdot F_{Fe} + E_{Al} \cdot F_{Al}} = \frac{\alpha_{Fe} \cdot E_{Fe} + \alpha_{Al} \cdot E_{Al} \cdot a}{E_{Fe} + E_{Al} \cdot a} \quad (3.122)$$
$$a = \frac{F_{Al}}{F_{Fe}}$$

3.6 KHOẢNG CỘT TỐI HẠN CỦA DÂY DẪN

3.6.4.3 Tổng hợp lực tác động lên DD, tính σ_{gt}

Khi DD chịu lực tác động cơ giới T, lực kéo phần Al và Fe chịu:

$$\left. \begin{aligned} T_{Fe} &= \frac{T \cdot E_{Fe}}{E_{Fe} + a \cdot E_{Al}} + T_{Fe}^0 \\ T_{Al} &= \frac{T \cdot E_{Al}}{E_{Fe} + a \cdot E_{Al}} + T_{Al}^0 \end{aligned} \right\} (3.123)$$

Các lực này gây ra σ thực trong phần Al và Fe:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{Fe\Sigma} &= \sigma_{Fe} + \sigma_{Fe}^0 = \sigma_{gt} \frac{E_{Fe}}{E} + (\alpha - \alpha_{Fe}) \cdot (\theta - \theta_0) E_{Fe} \\ \sigma_{Al\Sigma} &= \sigma_{Al} + \sigma_{Al}^0 = \sigma_{gt} \frac{E_{Al}}{E} + (\alpha - \alpha_{Al}) \cdot (\theta - \theta_0) E_{Al} \end{aligned} \right\} (3.124)$$

Trong đó: σ_{Al} và σ_{Fe} là ứng suất do tải trọng cơ giới gây ra trong phần Fe và Al, được tính theo σ giả tưởng theo (3.103)

3.6 KHOẢNG CỘT TỐI HẠN CỦA DÂY DẪN

3.6.4.3 Tổng hợp lực tác động lên DD, tính σ_{gt}

Từ CT trên ta tính được σ_{gt} theo ứng suất trong Fe , Al

$$\sigma_{gt} = \left[\sigma_{Fe\Sigma} - (\alpha - \alpha_{Fe}) \cdot (\theta - \theta_0) E_{Fe} \right] \frac{E}{E_{Fe}} \quad (3.125)$$

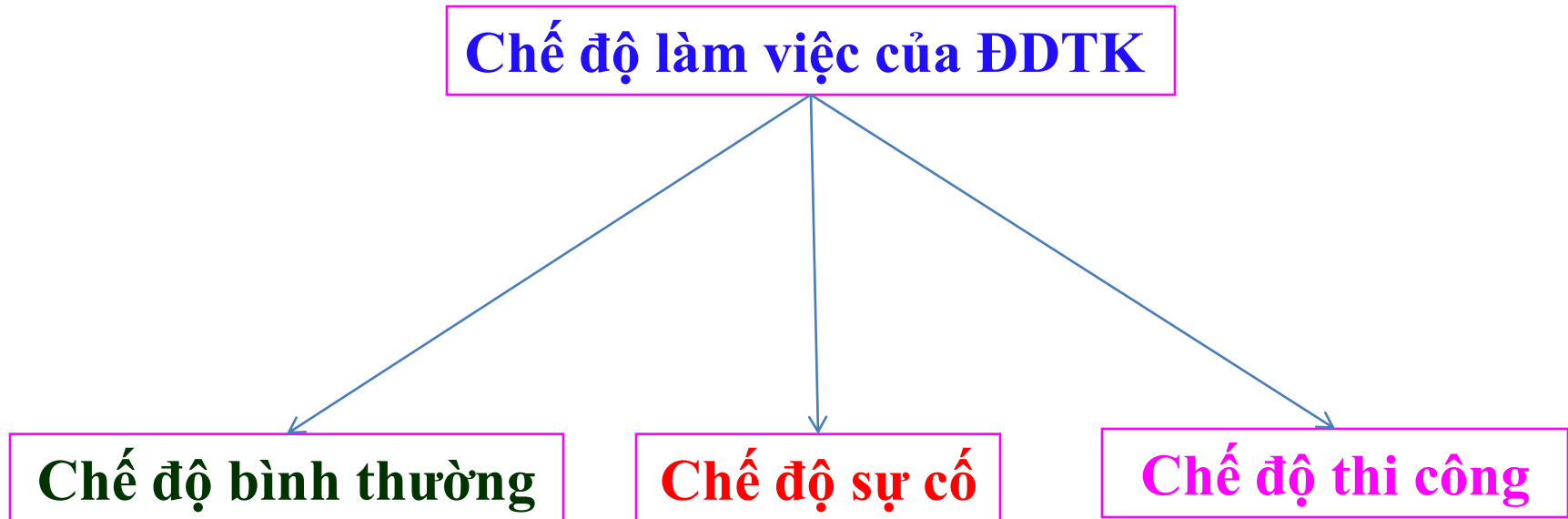
$$\sigma_{gt} = \left[\sigma_{Al\Sigma} - (\alpha - \alpha_{Al}) \cdot (\theta - \theta_0) E_{Al} \right] \frac{E}{E_{Al}} \quad (3.126)$$

Với (3.124), tải trong cơ giới và điều kiện nhiệt độ \rightarrow σ thực trong phần Al và Fe để kiểm tra độ an toàn của DD:

Với (3.125) và (3.126) \rightarrow σ_{gt} yêu cầu để thiết kế ĐD khi biết σ_{cp} của DD, cụ thể là phần Al và Fe

Trong thực tế phần Al chịu lực kém hơn Fe, khi thiết kế ĐD ta xuất phát từ σ_{cp} của Al, sử dụng (3.126) thay $\sigma_{Al\Sigma} = \sigma_{Alcp} \rightarrow \sigma_{gtcp}$, ta thấy σ này phụ thuộc vào nhiệt độ môi trường θ

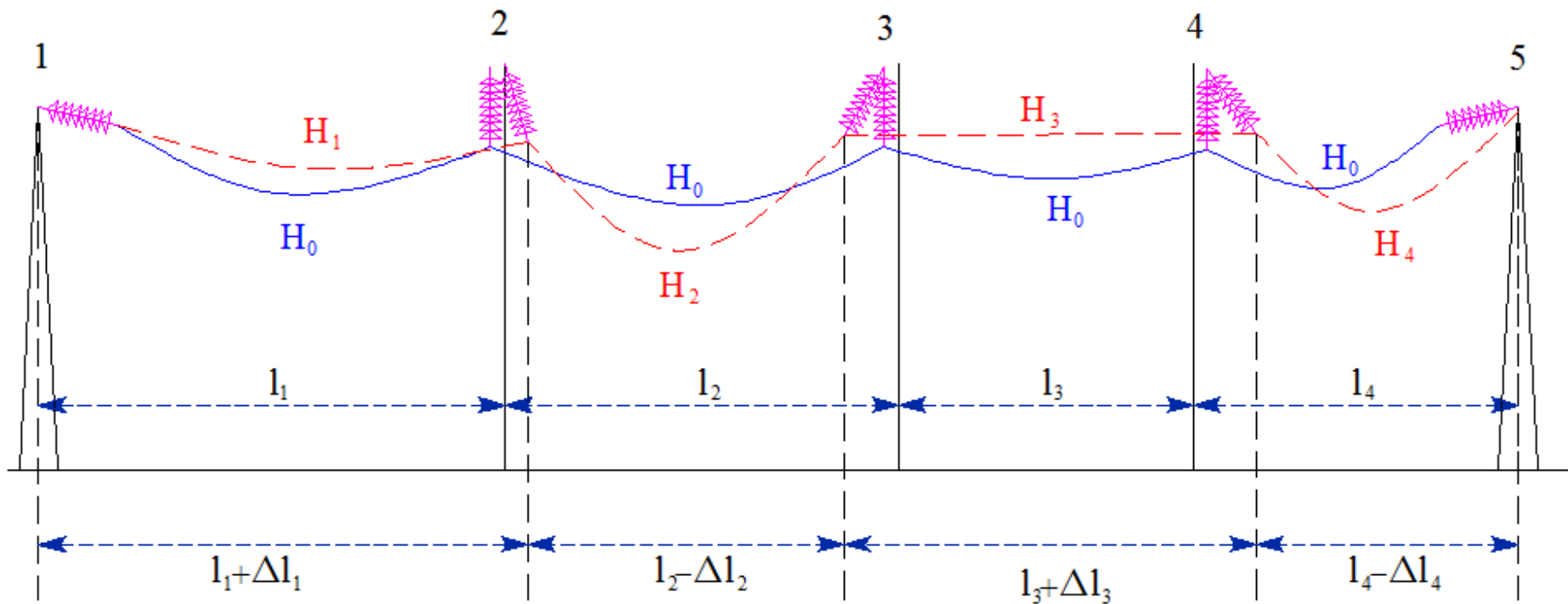
3.7 ĐƯỜNG DÂY TRÊN KHÔNG TRONG VẬN HÀNH



3.7 ĐƯỜNG DÂY TRÊN KHÔNG TRONG VẬN HÀNH

3.7.1 Chế độ làm việc bình thường

3.7.1.1 Sự lệch đi của các chuỗi sứ - Khoảng cột đại biểu



DD chịu tác động của:

- Trọng lượng riêng (không đổi) kéo dây võng xuống.
- Gió (thay đổi do thời tiết) làm dây và chuỗi sứ bị lệch đi.
- Ứng suất bên trong (thay đổi do gió và nhiệt độ không khí) gây ra lực kéo làm lệch chuỗi sứ.

3.7 ĐƯỜNG DÂY TRÊN KHÔNG TRONG VẬN HÀNH

3.7.1 Chế độ làm việc bình thường

3.7.1.1 Sự lệch đi của các chuỗi sứ - Khoảng cột đại biểu

Trạng thái cân bằng ban đầu:

$$L_0 = l + \frac{g_0^2 \cdot l^3}{24\sigma_0^2}$$

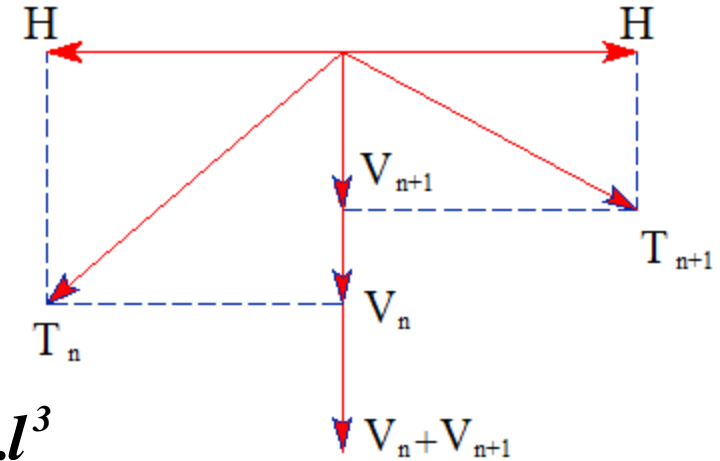
Sau khi lập lại TT cân bằng:

$$L = l + \Delta l + \frac{g_0^2 \cdot (l + \Delta l)^3}{24\sigma_0^2} \approx l + \Delta l + \frac{g_0^2 \cdot l^3}{24\sigma_0^2}$$

Độ lệch dài Δl bằng:
$$\Delta l = \Delta l + \frac{g^2 \cdot l^3}{24\sigma^2} - \frac{g_0^2 \cdot l^3}{24\sigma_0^2} \quad (3.127)$$

Độ lệch này cũng được tính theo CT:

$$\Delta l = l \frac{\sigma - \sigma_0}{E} + l \cdot \alpha (\theta - \theta_0) \quad (3.128)$$



Do Δl rất nhỏ so với l

3.7 ĐƯỜNG DÂY TRÊN KHÔNG TRONG VẬN HÀNH

3.7.1 Chế độ làm việc bình thường

3.7.1.1 Sự lệch đi của các chuỗi sứ - Khoảng cột đại biểu

Nhân hai vế của từng PT cho l_1, l_2, \dots, l_n tương ứng rồi cộng chúng lại:

$$\begin{aligned} & \sigma \left(l_1^3 + l_2^3 + \dots + l_n^3 \right) - \frac{g^2 \cdot E}{24\sigma^2} \left(l_1^3 + l_2^3 + \dots + l_n^3 \right) = \\ & = \sigma_0 \left(l_1^3 + l_2^3 + \dots + l_n^3 \right) - \frac{g_0^2 \cdot E}{24\sigma_0^2} \left(l_1^3 + l_2^3 + \dots + l_n^3 \right) - \\ & - \alpha \cdot E \cdot (\theta - \theta_0) \left(l_1^3 + l_2^3 + \dots + l_n^3 \right) \pm E \left(\Delta l_1 + \Delta l_2 + \dots + \Delta l_n \right) \quad (3.130) \end{aligned}$$

Đây là PT chung cho toàn khoảng néo

Trong CT này thành phần $\pm E \left(\Delta l_1 + \Delta l_2 + \dots + \Delta l_n \right) = 0$ vì độ dài khoảng néo không đổi

Giải PT này ta được σ của TT tái cân bằng khi tỷ tải biến đổi từ g_0 đến g và nhiệt độ biến đổi từ θ đến θ_0

3.7 ĐƯỜNG DÂY TRÊN KHÔNG TRONG VẬN HÀNH

3.7.1 Chế độ làm việc bình thường

3.7.1.1 Sự lệch đi của các chuỗi sứ - Khoảng cột đại biểu

Chia hai vế của PT cho tổng độ dài khoảng cột ta được PTTT của khoảng néo

$$\sigma - \frac{g^2 \cdot E \cdot (l_1^3 + l_2^3 + \dots + l_n^3)}{24\sigma^2 (l_1 + l_2 + \dots + l_n)} = \sigma_0 - \frac{g_0^2 \cdot E \cdot l^2 (l_1^3 + l_2^3 + \dots + l_n^3)}{24\sigma_0^2 (l_1 + l_2 + \dots + l_n)} -$$

$$-\alpha \cdot E \cdot (\theta - \theta_0) \quad (3.131)$$

Đặt $l_{db}^2 = \frac{(l_1^3 + l_2^3 + \dots + l_n^3)}{(l_1 + l_2 + \dots + l_n)}$ gọi là khoảng cột đại biểu, thay vào (3.131)

$$\sigma - \frac{g^2 \cdot E \cdot l_{db}^2}{24\sigma^2} = \sigma_0 - \frac{g_0^2 \cdot E \cdot l_{db}^2}{24\sigma_0^2} - \alpha \cdot E \cdot (\theta - \theta_0) \quad (3.132)$$

PT (3.132) là PTTT của khoảng néo đã rút gọn, với l_{db} là khoảng vượt đại biểu cho khoảng néo

3.7 ĐƯỜNG DÂY TRÊN KHÔNG TRONG VẬN HÀNH

3.7.1 Chế độ làm việc bình thường

3.7.1.1 Sự lệch đi của các chuỗi sứ - Khoảng cột đại biểu

Chia hai vế của PT cho tổng độ dài khoảng cột ta được PTTT của khoảng néo

$$l_{db} = \sqrt{\frac{\sum_i^n l_i^3}{\sum_i^n l_i}} \quad (3.133)$$

Trong đó (l_1, l_2, \dots, l_n) là tổng chiều dài trong khoảng néo

Nếu các cột có độ cao chênh lệch nhiều hoặc độ cao không bằng phẳng thì phải tính đến góc γ giữa đường thẳng nối giữa hai điểm treo dây và đường nằm ngang

$$l_{db} = \sqrt{\frac{\sum_i^n l_i^3 \cos \gamma_i}{\sum_i^n \frac{l_i}{\cos \gamma_i}}} \quad (3.134)$$

3.7 ĐƯỜNG DÂY TRÊN KHÔNG TRONG VẬN HÀNH

3.7.1.2 Sự lệch đi của dây dẫn và chuỗi sứ do gió

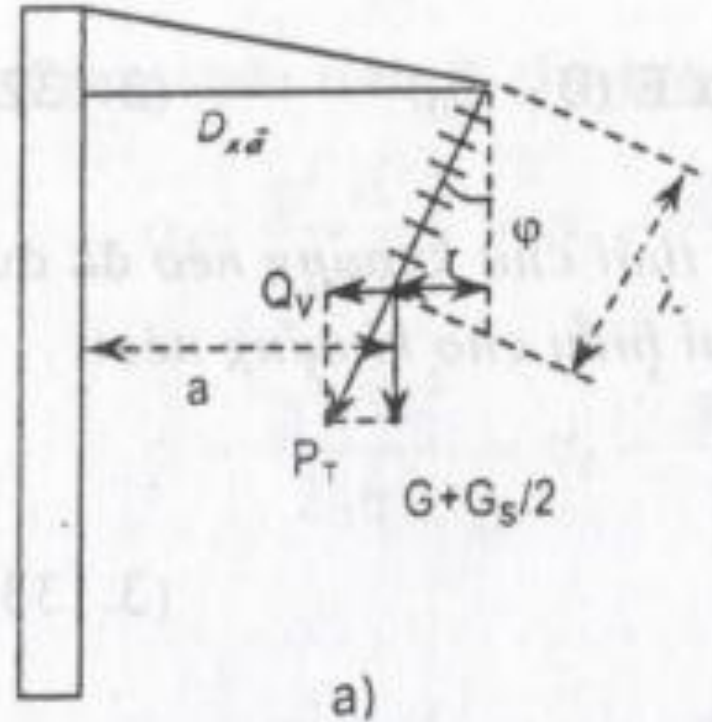
a. Xét độ lệch vào trong của chuỗi sứ

φ : góc lệch do tổ hợp lực gồm trọng lượng dây G và $\frac{1}{2}$ chuỗi sứ G_s với áp lực gió lên dây dẫn Q_v

$G = P_d \cdot l_{TL}$ - l_{TL} : khoảng cột trọng lượng, trên mặt phẳng $l_{TL} = l$.
- P_d : trọng lượng 1m dây

$G_s = nG_{os} + G_{pk}$ - n : số bát sứ.
- G_{os} : trọng lượng 1 bát sứ.
- G_{pk} : trọng lượng phụ kiện

$Q_v = P_v \cdot l_G$ - P_v : áp lực gió đơn vị tính cho TT bão (TT điện áp làm việc max) và TT quá điện áp khí quyển
- l_G : khoảng cột gió



3.7 ĐƯỜNG DÂY TRÊN KHÔNG TRONG VẬN HÀNH

3.7.1.2 Sự lệch đi của dây dẫn và chuỗi sứ do gió

a. Xét độ lệch vào trong của chuỗi sứ

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{k \cdot Q_v}{G + G_s / 2} \quad (3.135)$$

-k: hệ số hiệu chỉnh tính theo q_v :

- $q_v \leq 40 \text{ daN/m}^2$ lấy $k=1$.

- $q_v = 55 \text{ daN/m}^2$ lấy $k=0,9$.

- $q_v = 80 \text{ daN/m}^2$ lấy $k=0,8$. Các giá trị khác có thể nội suy

Độ lệch của chuỗi sứ:

$$r = \lambda \sin \varphi$$

Tính $a = D_{\text{xà}} - r$ cho từng TT rồi so với khoảng cách an toàn yêu cầu

Khi l_{TL} (phụ thuộc vào tình trạng thực tế của hai đường cong treo dây ở hai khoảng cột 1 và 2 ở hai bên chuỗi sứ) nhỏ hơn $l_G = (l_1 + l_2) / 2 \rightarrow$ dùng tạ để đảm bảo góc lệch φ của chuỗi sứ trong phạm vi cho phép (φ_{CP})

$$\operatorname{tg} \varphi_{\text{CP}} = \frac{k \cdot Q_v}{G + G_s / 2 + G_{\text{CB}}} \Rightarrow G_{\text{CB}} = \frac{k \cdot Q_v + Q_{\text{vs}} / 2}{\operatorname{tg} \varphi_{\text{CP}}} - G - G_s / 2 \quad (3.136)$$

G_{CB} : trọng lượng của tạ cân bằng.

$Q_{\text{vs}}/2$: lực gió lên chuỗi sứ, lực này khá nhỏ

3.7 ĐƯỜNG DÂY TRÊN KHÔNG TRONG VẬN HÀNH

3.7.1.2 Sự lệch đi của dây dẫn và chuỗi sứ do gió

b. Xét trường hợp độ lệch ra ngoài của dây

Độ lệch của dây ở điểm bất kỳ trên khoảng cột đỡ:

$$C_x = (f_x + \lambda) \sin \varphi \quad (3.137)$$

Nếu một cột là néo, một cột là đỡ:

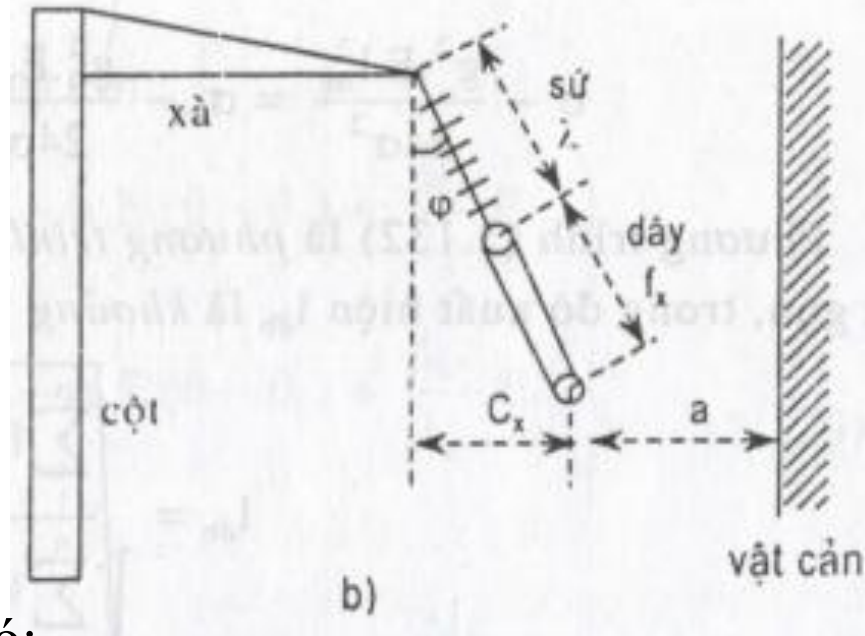
$$C_x = (f_x + \lambda \cdot x/l) \sin \varphi \quad (3.138a)$$

x: khoảng cách từ cột néo đến điểm tính

ĐD dùng sứ đỡ, giữa sứ đỡ và sứ treo có:

$$C_x = f_x \cdot \sin \varphi \quad (3.138b)$$

$\sin \varphi$ tính từ (3.135)



3.7 ĐƯỜNG DÂY TRÊN KHÔNG TRONG VẬN HÀNH

3.7.1.2 Sự lệch đi của dây dẫn và chuỗi sứ do gió

c. Độ lệch theo chiều dọc đường dây của chuỗi sứ

Chuỗi sứ đỡ chịu hai lực kéo về hai phía do σ của dây trong hai khoảng cột hai bên:

$$\mathbf{T}_1 = \sigma_1 \cdot \mathbf{F} ; \mathbf{T}_2 = \sigma_2 \cdot \mathbf{F}$$

Hiệu của hai lực này làm chuỗi sứ lệch đi một góc φ_D :

$$\left. \begin{aligned} \Delta T &= T_1 - T_2 \\ \operatorname{tg} \varphi_D &= \frac{\Delta T}{G + G_s / 2} \end{aligned} \right\} (3.138c)$$

Góc φ max khi σ có giá trị lớn nhất.

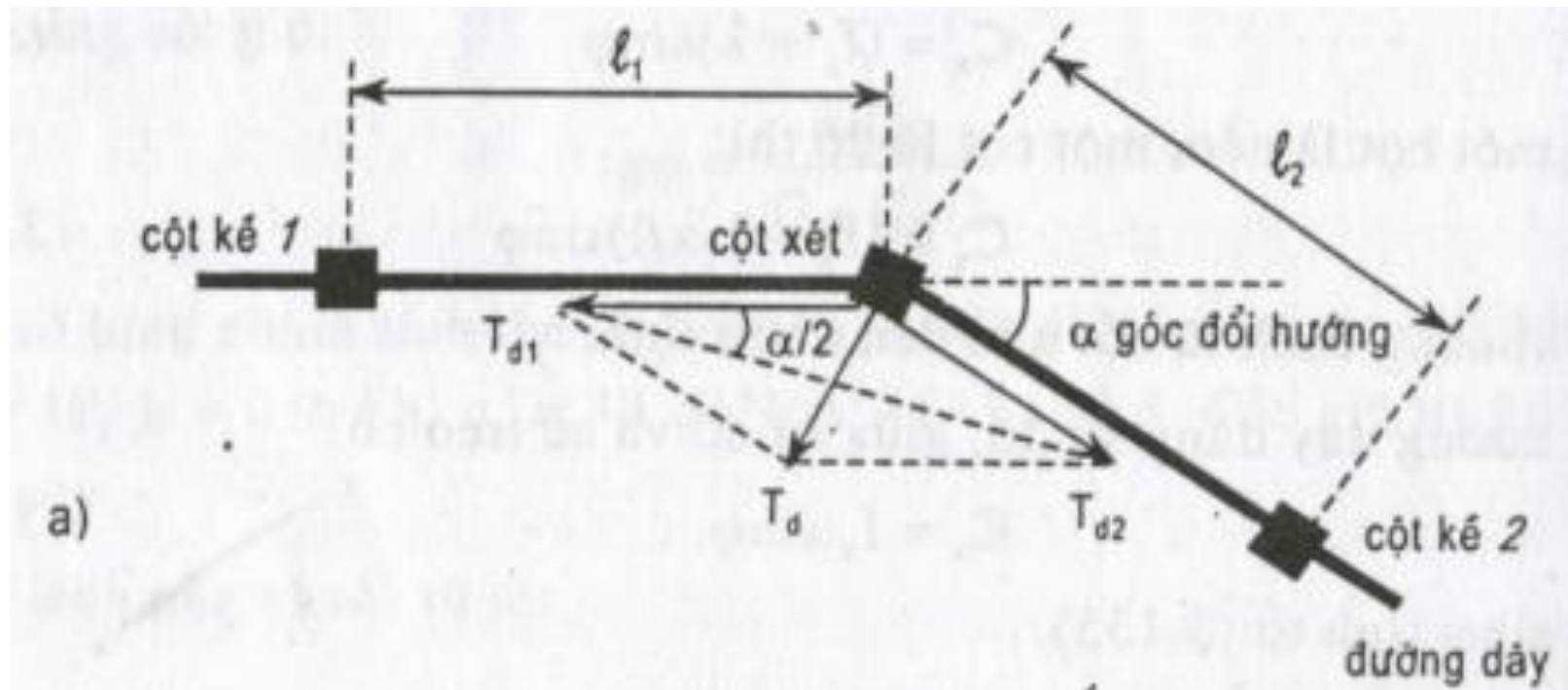
Nếu $l = l_1 = l_2 > l_{2k}$ thì σ lớn nhất khi bão.

Nếu $l < l_{2k}$ thì σ lớn nhất khi lạnh nhất.

3.7 ĐƯỜNG DÂY TRÊN KHÔNG TRONG VẬN HÀNH

3.7.1.3 Độ lệch chuỗi sứ ở cột đỡ góc

a. Lực do ứng suất trong gây ra



Giả thiết $T_{d1} = T_{d2} = \sigma \cdot F$, ta có tổng hợp hai lực T_{d1} và T_{d2} là T_d :

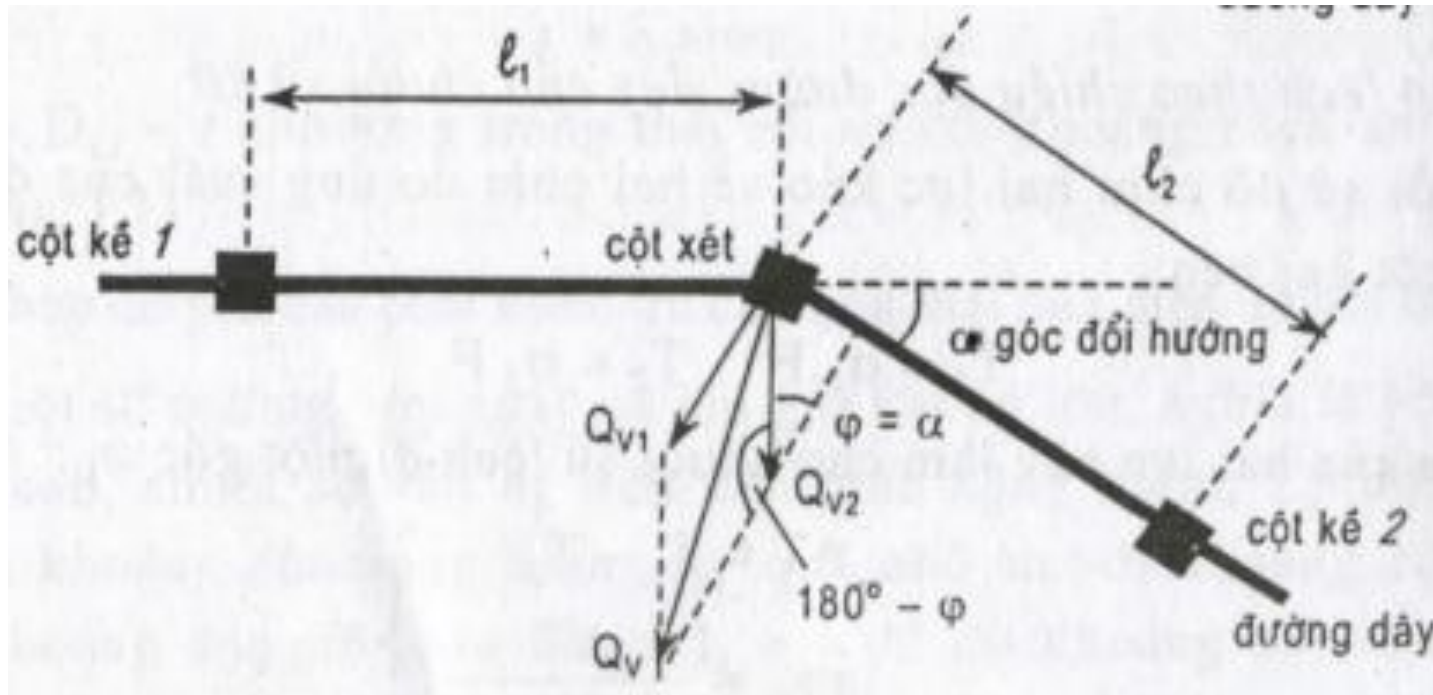
$$T_d = 2 \cdot T \cdot \sin \frac{\alpha}{2} = 2 \cdot \sigma \cdot F \cdot \sin \frac{\alpha}{2} \quad (3.139a)$$

Lực này sẽ lớn nhất khi σ lớn nhất

3.7 ĐƯỜNG DÂY TRÊN KHÔNG TRONG VẬN HÀNH

3.7.1.3 Độ lệch chuỗi sứ ở cột đỡ góc

b. Lực do gió ép trên dây gây ra



Hướng gió giả thiết trùng với hướng của lực kéo do σ dây gây ra.
Thành phần áp lực gió vuông góc với từng dây là:

$$Q_{v1} = 0,5 \cdot l_1 \cdot \sin \varphi = 0,5 \cdot l_1 \cdot P_v \cdot \cos(\alpha/2)$$

$$Q_{v2} = 0,5 \cdot l_2 \cdot \sin \varphi = 0,5 \cdot l_2 \cdot P_v \cdot \cos(\alpha/2)$$

Góc φ luôn luôn bằng α

3.7 ĐƯỜNG DÂY TRÊN KHÔNG TRONG VẬN HÀNH

3.7.1.3 Độ lệch chuỗi sứ ở cột đỡ góc

b. Lực do gió ép trên dây gây ra

Tổng hợp lực Q_{v1} và Q_{v2} là Q_v

$$Q_v = \sqrt{Q_{v1}^2 + Q_{v2}^2 - 2Q_{v1} \cdot Q_{v2} \cdot \cos(180 - \varphi)} = \sqrt{Q_{v1}^2 + Q_{v2}^2 + 2Q_{v1} \cdot Q_{v2} \cdot \cos \alpha}$$

Trường hợp $l_1 = l_2 = l$

$$Q_{v1} = Q_{v2} = Q = 0,5 \cdot l \cdot P_v \cdot \cos(\alpha/2)$$

và

$$Q_v = \sqrt{Q^2 + Q^2 + 2Q^2 \cdot \cos \alpha} = Q \sqrt{2(1 + \cos \alpha)}$$

Mặt khác $\cos \alpha = \cos^2(\alpha/2) - 1$, thay vào CT trên ta được:

$$Q = 2 \cdot 0,5 \cdot l \cdot P_v \cdot \cos^2(\alpha/2) = l \cdot P_v \cdot \cos^2(\alpha/2) \quad (3.139b)$$

Trong thực tế có thể tính $l = (l_1 + l_2)/2$ và áp dụng CT trên với độ chính xác có thể chấp nhận được. Lực do gió sẽ lớn nhất khi bão

3.7 ĐƯỜNG DÂY TRÊN KHÔNG TRONG VẬN HÀNH

3.7.1.3 Độ lệch chuỗi sứ ở cột đỡ góc

c. Tổng hợp lực kéo chuỗi sứ đỡ

$$P_{\Sigma} = T_d + Q_v = 2.T \cdot \sin \alpha/2 + l.P_v \cdot \cos^2 \alpha/2 \quad (3.139c)$$

Lực này làm chuỗi sứ lệch đi một góc i

$$tgi = \frac{2.T \cdot \sin \alpha/2 + l.P_v \cdot \cos^2 \alpha/2}{G + G_s/2} \quad (3.139d)$$

Nếu không có gió

$$tgi = \frac{2.T \cdot \sin \alpha/2}{G + G_s/2} \quad (3.139e)$$

-Góc i lớn nhất khi P_{Σ} lớn nhất.

-Nếu $l=l_1=l_2 > l_{2k}$ thì P_T max khi bão, thay $T=T_{\max}$ vào (3.139c).

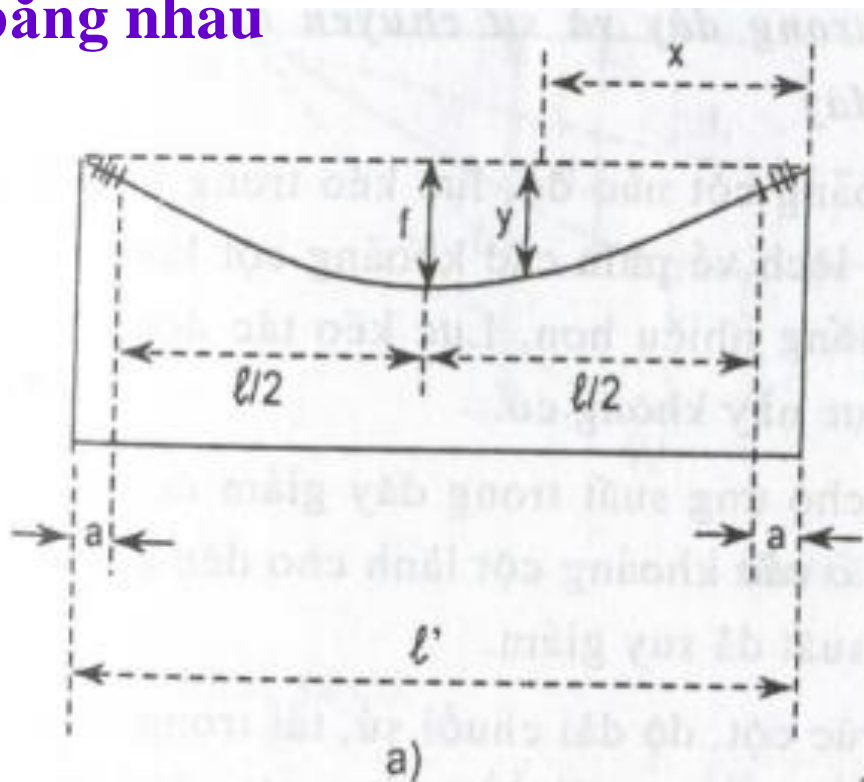
-Nếu $l < l_{2k}$ thì P_T max khi lạnh nhất và khi bão, thay $T_M=T_{\max}$ (T_M là σ trong dây khi lạnh nhất và khi có bão

Lực kéo P_{Σ} tính theo (3.139c) cũng là lực tác động lên cột đỡ góc và nóc góc, được xét đến khi tính lực tác động lên cột.

3.7 ĐƯỜNG DÂY TRÊN KHÔNG TRONG VẬN HÀNH

3.7.1.4 Ảnh hưởng của chuỗi sứ đến độ võng của dây dẫn

a. Khi hai cột bằng nhau



- l : khoảng cách ngang giữa hai điểm treo dây là đầu hai chuỗi sứ.

- a : hình chiếu của chiều dài chuỗi sứ lên trục ngang.

- g : tỷ tải dây dẫn.

- G_s : trọng lượng chuỗi sứ.

- F : tiết diện dây

3.7 ĐƯỜNG DÂY TRÊN KHÔNG TRONG VẬN HÀNH

3.7.1.4 Ảnh hưởng của chuỗi sứ đến độ võng của dây dẫn

a. Khi hai cột bằng nhau

$$\text{Độ võng lớn nhất} \quad f = \frac{l(l+4a)}{8.\sigma.\cos\psi} \cdot g + \frac{a.G_s}{2.F.\sigma} \quad (3.140)$$

$$\text{Độ võng tại điểm bất kỳ} \quad y = \frac{x(l-x)+a.l}{2.\sigma} \cdot g + \frac{a.G_s}{2.F.\sigma} \quad (3.141)$$

Ứng suất khi thời tiết thay đổi tính theo PT sau:

$$\sigma - \frac{E.U}{24.\sigma^2} = \sigma_0 - \frac{E.U_0}{24.\sigma_0^2} - \alpha.E(\theta - \theta_0) \quad (3.142)$$

Ký hiệu “0” chỉ TT xuất phát:

$$U = l(l+6.a).g^2 + 12(G_s.a.g/F) + (8.a/l)(G_s/F)^2$$

$$U_0 = l(l+6.a).g_0^2 + 12(G_s.a.g_0/F) + (8.a/l)(G_s/F)^2$$

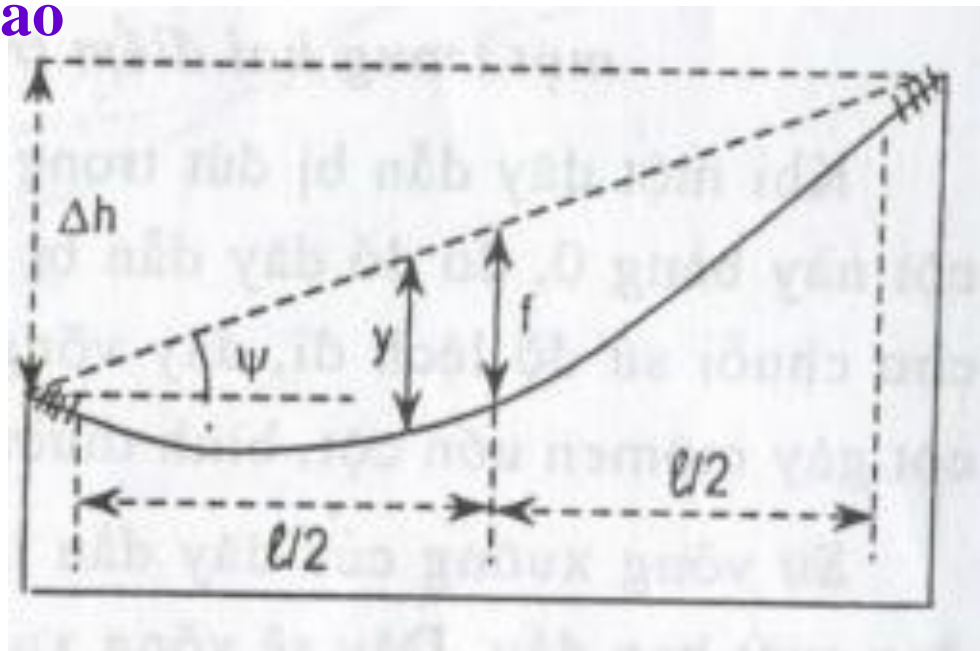
3.7 ĐƯỜNG DÂY TRÊN KHÔNG TRONG VẬN HÀNH

3.7.1.4 Ảnh hưởng của chuỗi sứ đến độ võng của dây dẫn

a. Khi hai cột không cùng độ cao

$\sigma = \sigma_g \cdot \cos \psi$: thành phần nằm ngang của σ tại điểm giữa khoảng cột.

σ_g : ứng suất tại điểm giữa khoảng cột.



$$f = \frac{l(l+4a)}{8\sigma \cos \psi} \cdot g + \frac{a \cdot G_s \cdot \cos \psi}{2 \cdot F \cdot \sigma} \quad (3.143)$$

$$y = \frac{x(l-x) + a \cdot l \cdot \cos \psi}{2 \cdot \sigma} \cdot g + \frac{a \cdot G_s \cdot \cos \psi}{2 \cdot F \cdot \sigma} \quad (3.144)$$

3.7 ĐƯỜNG DÂY TRÊN KHÔNG TRONG VẬN HÀNH

3.7.1.4 Ảnh hưởng của chuỗi sứ đến độ võng của dây dẫn

a. Khi hai cột không cùng độ cao

Phương trình trạng thái:

$$\sigma_g - \frac{E.U}{24.\sigma_g^2} = \sigma_0 - \frac{E.U_0}{24.\sigma_0^2} - \alpha.E(\theta - \theta_0) \quad (3.145)$$

Ký hiệu “0” chỉ TT xuất phát:

$$U = l(l + 6.a.\cos\psi).g^2 + 12(G_s.a.g.\cos^2\psi/F) + (8.a/l)(G_s/F)^2.\cos^2\psi$$

$$U_0 = l(l + 6.a.\cos\psi).g_0^2 + 12(G_s.a.g_0.\cos^2\psi/F) + (8.a/l)(G_s/F)^2.\cos^2\psi$$

Khoảng cách từ cột thấp đến điểm thấp của đường cong treo dây (điểm uốn của dây):

$$x = l/2 - \sigma.\sin\psi/g \quad (3.146)$$

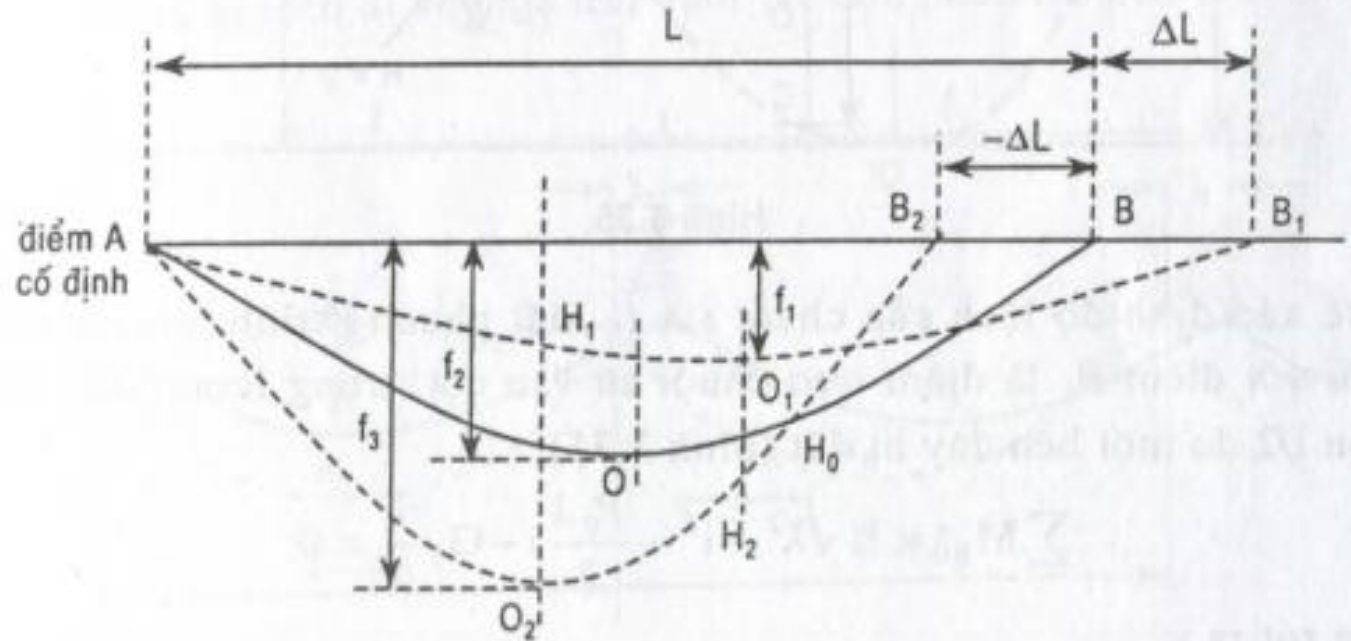
x có thể nhỏ hơn không, có nghĩa là điểm thấp nhất nằm ngoài khoảng cột

3.7 ĐƯỜNG DÂY TRÊN KHÔNG TRONG VẬN HÀNH

3.7.2 Chế độ sự cố

3.7.2.1 Quan hệ giữa lực kéo trong dây và sự chuyển dịch ngang một trong hai điểm treo dây

Khi DD đứt \rightarrow lực kéo = 0 \rightarrow gây mô men uốn cột. Độ giảm lực phụ thuộc cấu trúc cột, độ dài chuỗi sứ, tải trọng, ...



Giả thiết điểm A cố định, B có thể dịch chuyển từ B_1 đến B_2 .

- l : khoảng cột ban đầu.

- H_0, H_1, H_2 : lực kéo ngang ở TT ban đầu ứng với B_1, B_2

- L_0, L_1, L_2 : độ dài dây.

-Tải trọng P_0 không đổi

3.7 ĐƯỜNG DÂY TRÊN KHÔNG TRONG VẬN HÀNH

3.7.2 Chế độ sự cố

3.7.2.1 Quan hệ giữa lực kéo trong dây và sự chuyển dịch ngang một trong hai điểm treo dây

Ở TT ban đầu: $L_0 = l + \frac{P_0^2 \cdot l^3}{24 \cdot H_0^2}$ (3.147) $P_0 = g_0 \cdot F$; $H_0 = \sigma_0 \cdot F$

Khi điểm B chuyển dịch:

$$L = l - \Delta l + \frac{P_0^2 \cdot (l - \Delta l)^3}{24 \cdot H^2} = l - \Delta l + \frac{P_0^2 \cdot l^3 (1 - \Delta l/l)^3}{24 \cdot H^2} \quad (3.148)$$

Bỏ qua $\Delta l/l$: $L = l - \Delta l + \frac{P_0^2 \cdot l^3}{24 \cdot H^2}$

Độ lệch Δl : $\Delta L = L_0 - L = \Delta l + \frac{P_0^2 \cdot l^3}{24} \left(\frac{1}{H_0^2} - \frac{1}{H^2} \right)$

$$\Delta L = \frac{l}{E \cdot F} (H_0 - H) \Rightarrow \Delta L = \frac{P_0^2 \cdot l^3}{24} \left(\frac{1}{H^2} - \frac{1}{H_0^2} \right) + \frac{l}{EF} (H_0 - H) \quad (3.149)$$

3.7.2 Chế độ sự cố

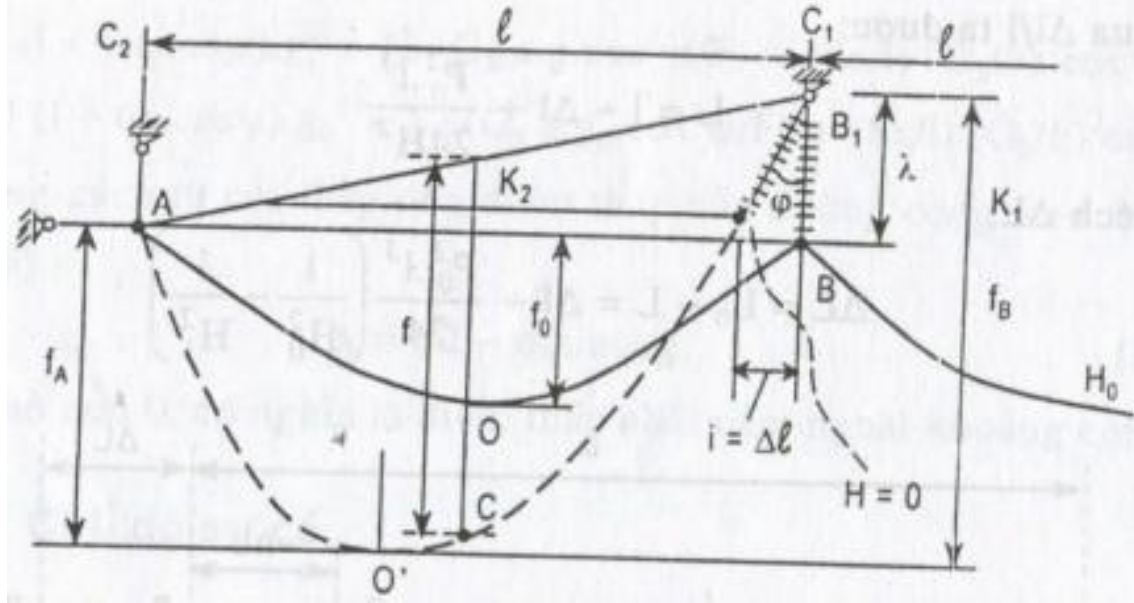
3.7.2.2 Trường hợp đứt DD trong khoảng cột thứ hai sau cột néo

C_2 : cột néo. C_1 : cột đỡ.

Dây bị đứt sau cột C_1 , chuỗi sứ lệch một góc φ .

Khoảng cột giảm đi $\Delta l = i$.

Để xác định độ lệch của chuỗi sứ, viết PT mô men của các lực đối với điểm B_1 , trọng lượng dây chỉ còn $\frac{1}{2}$ do một bên bị đứt



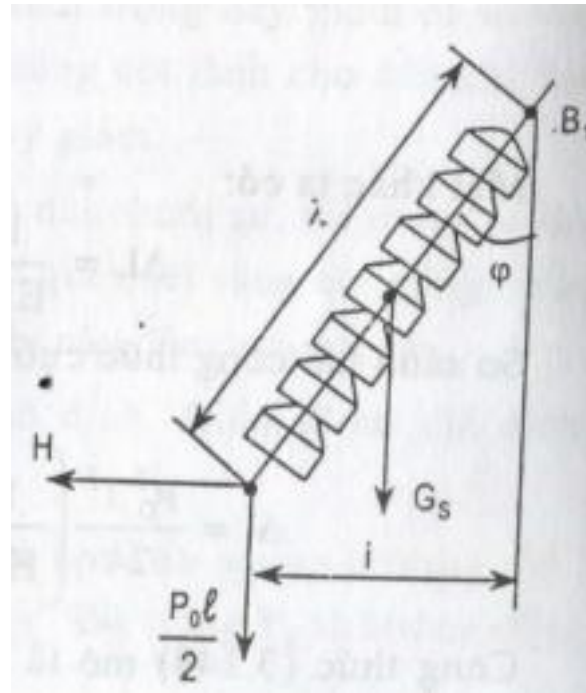
$$\Sigma M_{B1} = H\sqrt{\lambda^2 - i^2} - \frac{P_0^2 \cdot l}{2} i - G_S \frac{i}{2} = 0$$

Rút ra i:

$$i = \Delta l = \frac{\lambda}{\sqrt{1 + \left(\frac{P_0 l + G_S}{2H} \right)^2}} \quad (3.150)$$

3.7.2 Chế độ sự cố

3.7.2.2 Trường hợp đứt DD trong khoảng cột thứ hai sau cột neo



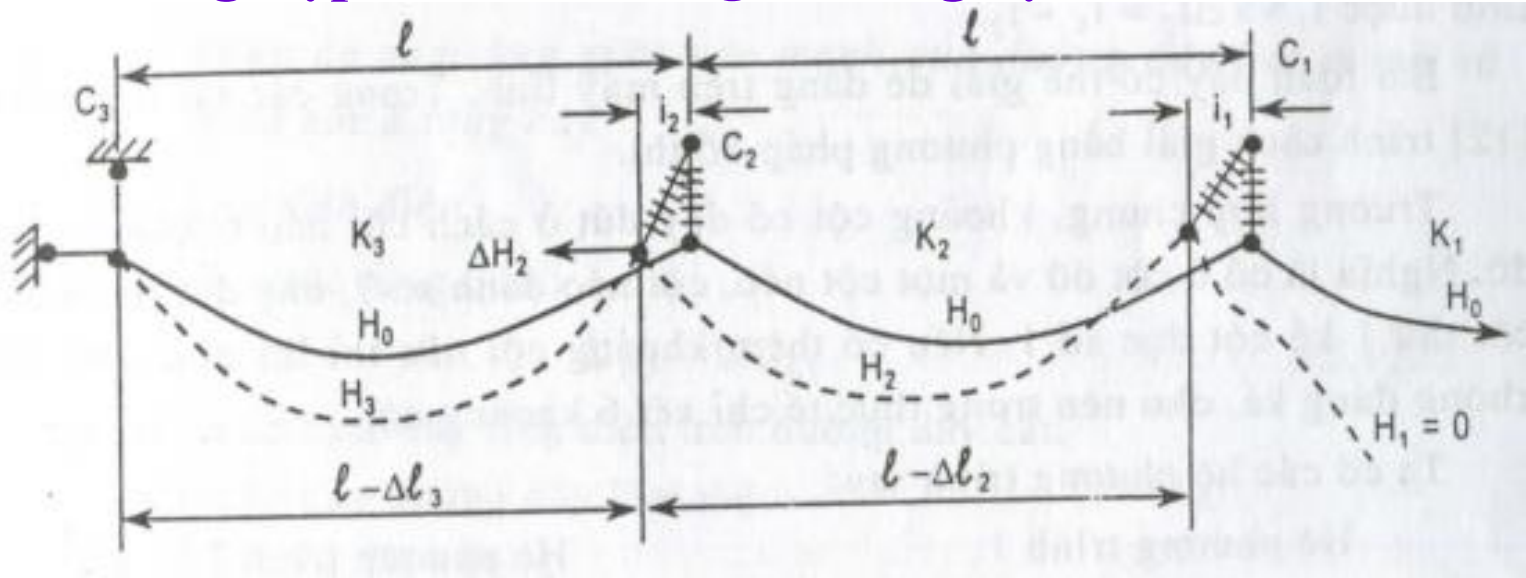
Ta thấy hai PT (3.149) và (3.150) có chung một nghiệm H

$$\frac{1}{E.F} (H_0 - H) + \frac{P_0^2 . l^3}{24} \left(\frac{1}{H^2} - \frac{1}{H_0^2} \right) = \frac{\lambda}{\sqrt{1 + \left(\frac{P_0 . l + G_s}{24} \right)^2}} \quad (3.151)$$

Để tìm H, PT trên có thể giải bằng PP gần đúng hoặc vẽ đường cong quan hệ H với Δl theo (3.149) và (3.150), giao của hai đường này cho ta nghiệm H và i

3.7.2 Chế độ sự cố

3.7.2.3 Trường hợp đứt DD trong khoảng cột thứ ba



Giả thiết các khoảng cột bằng nhau $l_1 = l_2 = l_3 = l$

Độ lệch của chuỗi sứ ở cột C_1 do lực H_2 tính theo (3.150). Độ lệch chuỗi sứ ở C_3 nhỏ hơn C_1 vì chỉ có lực kéo $\Delta H = H_3 - H_2$ được tính theo CT

$$i = \Delta l = \frac{\lambda}{\sqrt{1 + \left(\frac{P_0 l + 0,5 G_s}{\Delta H} \right)^2}} \quad (3.152)$$

ΔH : hiệu lực kéo ở hai khoảng cột hai bên chuỗi sứ

3.7.2 Chế độ sự cố

3.7.2.3 Trường hợp đứt DD trong khoảng cột thứ ba

(3.152) áp dụng cho mọi khoảng cột trừ trường hợp trong mục 3.7.2.2.

Ta có các hệ PT sau:

Hệ PT 1:

$$\Delta l_2 = i_1 - i_3$$

$$\Delta l_3 = i_2 - 0$$

Từ hệ PT 1 rút ra:

$$i_3 = i_1 - \Delta l_2$$

$$0 = i_2 - \Delta l_3$$

Hệ PT 2:

$$\Delta H_1 = H_2 - 0$$

$$\Delta H_2 = H_3 - H_2$$

Từ hệ PT 2 rút ra:

$$\Delta H_1 = H_2$$

$$\Delta H_2 = H_3 + \Delta H_3$$

Nghiệm cần tìm là H_2 và H_3 .

Giả thiết đã có H_3 , theo (3.149) $\rightarrow \Delta l_3$, vì $\Delta l_3 = i_3$ nên ta có i_2 .

Theo (3.152) tính được ΔH_2 , sau đó $H_2 = H_3 - \Delta H_2$, sau cùng theo (3.150) tính được i_1 và $\Delta H_2 = i_1 - i_2$

3.7.2 Chế độ sự cố

3.7.2.3 Trường hợp đứt DD trong khoảng cột thứ ba

Trường hợp chung, khoảng cột có dây đứt ở cách cột néo 6 khoảng cột đỡ. Có 6 cột đỡ, 1 cột néo đánh số 7, dây đứt ở khoảng cột thứ 1, kề cột số 1

Hệ PT 1:

$$\Delta l_2 = i_1 - i_2$$

$$\Delta l_3 = i_2 - i_3$$

$$\Delta l_4 = i_3 - i_4$$

$$\Delta l_5 = i_4 - i_5$$

$$\Delta l_6 = i_5 - i_6$$

Từ hệ PT 1 rút ra:

$$i_2 = i_1 - \Delta l_2$$

$$i_3 = i_2 - \Delta l_3$$

$$i_4 = i_3 - \Delta l_4$$

$$i_5 = i_4 - \Delta l_5$$

$$0 = i_5 - \Delta l_6$$

Hệ PT 2:

$$\Delta H_1 = H_2 - 0$$

$$\Delta H_2 = H_3 - H_2$$

$$\Delta H_3 = H_4 - H_3$$

$$\Delta H_4 = H_5 - H_4$$

$$\Delta H_5 = H_6 - H_5$$

Từ hệ PT 2 rút ra:

$$H_2 = 0 + \Delta H_1$$

$$H_3 = H_2 + \Delta H_2$$

$$H_4 = H_3 + \Delta H_3$$

$$H_5 = H_4 + \Delta H_4$$

$$H_6 = H_5 + \Delta H_5$$

Lực tính H lớn nhất dùng để kiểm tra cột, trong thực tế thiết kế các lực này được cho sẵn. Khi cần thiết mới phải tính toán lại

3.7.3 Quan hệ điện áp trên đường dây

3.7.3.1 Điện áp cảm ứng giữa các mạch của ĐD hai mạch và giữa các ĐD

1. Cảm ứng tĩnh điện

Công thức tổng quát:

$$U_{TD} = k \cdot U_{LV} \quad (3.153)$$

U_{TD} : điện áp của ứng tĩnh điện trên ĐD cắt.

U_{LV} : điện áp của ĐD làm việc.

k : hệ số liên hệ điện dung

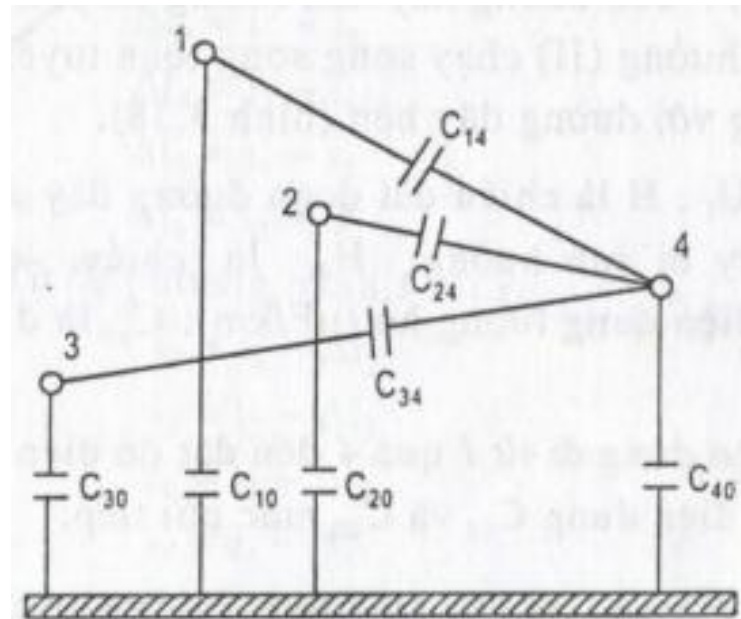
Xét ảnh hưởng của ba pha 1, 2, 3 của ĐD (I) ảnh hưởng đến một dây 4 của ĐD bị ảnh hưởng (II) chạy song song, dây 4 cũng coi là dây tương đương với ĐD bên.

- U_f : điện áp pha.

- H : chiều dài đoạn ĐD ảnh hưởng chạy song song với ĐD bị ảnh hưởng.

- H_4 : chiều dài ĐD bị ảnh hưởng (km).

- C_{ij} : điện dung tương hỗ ($\mu\text{F}/\text{km}$); C_{j0} : điện dung với đất



3.7.3.1 Điện áp cảm ứng giữa các mạch của ĐD hai mạch và giữa các ĐD

1. Cảm ứng tĩnh điện

Ta tính được dòng điện điện dung đi từ 1 qua 4 đến đất do điện áp trên ĐD ảnh hưởng gây ra điện dung C_{41} và C_{40} mắc nối tiếp

$$I_{n1} = \omega \frac{C_{14} \cdot H \cdot C_{40} \cdot H_4}{C_{14} \cdot H + C_{40} \cdot H_4} U_f \cdot 10^{-6} \approx \omega \cdot C_{40} \cdot H_4 \cdot U_{14} \cdot 10^{-6} \text{ [A]} \quad (3.154)$$

Ta tính được điện thế trên dây 1 so với 4 hay điện thế ảnh hưởng của dây 1 lên dây 4

$$U_{14} = U_f \frac{C_{14} \cdot H}{C_{14} \cdot H + C_{40} \cdot H_4} \quad (3.155a)$$

Nói chung $C_{14} \ll C_{40}$ và $H \ll H_4$ nên: $U_{14} = U_f \frac{C_{14} \cdot H}{C_{40} \cdot H_4} \quad (3.155b)$

Tương tự ta có điện thế ảnh hưởng giữa dây 2, 3 đối với dây 4:

$$U_{24} = U_f \frac{C_{24} \cdot H}{C_{24} \cdot H + C_{40} \cdot H_4} \approx U_f \frac{C_{24} \cdot H}{C_{40} \cdot H_4} \quad (3.155c)$$

$$U_{34} = U_f \frac{C_{34} \cdot H}{C_{34} \cdot H + C_{40} \cdot H_4} \approx U_f \frac{C_{34} \cdot H}{C_{40} \cdot H_4} \quad (3.155d)$$

3.7.3.1 Điện áp cảm ứng giữa các mạch của ĐD hai mạch và giữa các ĐD

1. Cảm ứng tĩnh điện

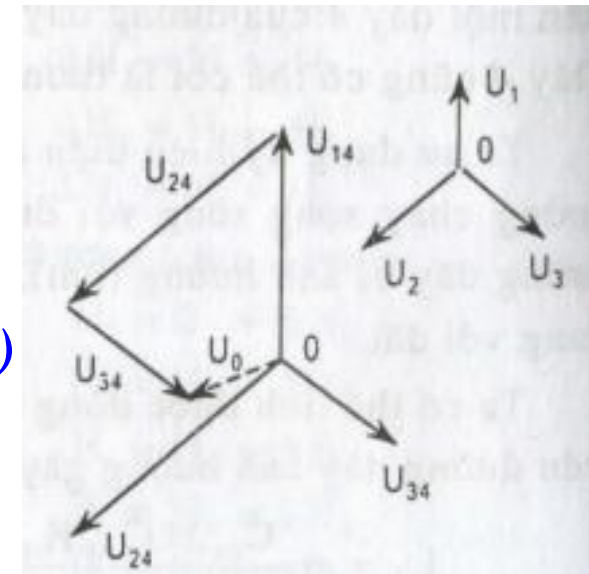
Tổng vectơ của ba điện áp trên là thế nút 4 so với đất: $\underline{U}_0 = \underline{U}_{14} + \underline{U}_{24} + \underline{U}_{34}$

Điện thế này tạo ra mạch dòng điện 4-đất trở lại các pha 1, 2, 3 và đến dây 4. Đặc trưng của mạch là tổng dẫn

$$Y = \left(3\omega C_{40}H_4 + \sum_{x=1}^3 \frac{\omega C_{x0} \cdot H_x \cdot \omega C_{x4} H}{\omega C_{x0} \cdot H_x + \omega C_{x4} H} \right) 10^{-6} \quad (3.156)$$

Dòng điện điện dung: $I_0 = U_0 \cdot Y \quad (3.157)$

Trong điều kiện vận hành bình thường, nếu ĐD ảnh hưởng được đảo pha



IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.12 .Phương trình và các thông số cơ bản của ĐĐ trên không

2. Ứng suất, độ võng và chiều dài dây dẫn

a) Ứng suất

Dây dẫn bị võng xuống với giả thiết:

- Dây võng lý tưởng, nghĩa là không bị kéo căng;
- Trọng lượng dây dẫn phân bố đều dọc theo chiều dài dây;
- Tại tọa độ điểm bất kỳ (x,y) đều có một lực kéo T_{xy} tác động theo phương tiếp tuyến tại điểm đó (hình 4.1). Lực kéo đó chính bằng trọng lượng G_y của đoạn đường dây từ điểm đó qua ròng rọc lý tưởng (không có ma sát) đến trục hoành:

$$T_{xy} = g.F.y \quad (4.8)$$

trong đó: g - tỉ tải của dây dẫn; $[kg/m.mm^2]$

y – khoảng cách từ điểm tọa độ (x,y) đến trục hoành; $[m]$

Sức căng tại điểm thấp nhất bằng: $T_o = g.F.y_o \quad (4.8a)$

Sức căng tại điểm treo dây A:

$$T_A = g.F.y_A = g.F.(y_o + f) = T_o + g.F.f \quad (4.8b)$$

Với f là độ võng của dây dẫn (xem hình 4.1)

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.12 .Phương trình và các thông số cơ bản của ĐĐ trên không

2.Ứng suất, độ võng và chiều dài dây dẫn

a) Ứng suất

Dây dẫn bị võng xuống với giả thiết:

- Dây võng lý tưởng, nghĩa là không bị kéo căng;
- Trọng lượng dây dẫn phân bố đều dọc theo chiều dài dây;
- Tại tọa độ điểm bất kỳ (x,y) đều có một lực kéo T_{xy} tác động theo phương tiếp tuyến tại điểm đó (hình 4.1). Lực kéo đó chính bằng trọng lượng G_y của đoạn đường dây từ điểm đó qua ròng rọc lý tưởng (không có ma sát) đến trục hoành:

$$T_{xy} = g.F.y \quad (4.8)$$

trong đó: g - tỉ tải của dây dẫn; [kg/m.mm²]

y – khoảng cách từ điểm tọa độ (x,y) đến trục hoành; [m]

Sức căng tại điểm thấp nhất bằng: $T_o = g.F.y_o \quad (4.8a)$

Sức căng tại điểm treo dây A:

$$T_A = g.F.y_A = g.F.(y_o + f) = T_o + g.F.f \quad (4.8b)$$

Với f là độ võng của dây dẫn (xem hình 4.1)

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.12 .Phương trình và các thông số cơ bản của ĐD trên không

Ứng suất trong vật liệu dây dẫn bằng sức căng trên một đơn vị tiết diện dây dẫn. Vậy ta có:

$$\begin{aligned}\sigma_{xy} &= \frac{T_{xy}}{F}; \\ \sigma_o &= \frac{T_o}{F} = g \cdot y_o; \quad y_o = \frac{\sigma_o}{g} \\ \sigma_A &= \frac{T_A}{F} = g \cdot (y_o + f) = \sigma_o + g \cdot f\end{aligned} \quad (4.9)$$

trong đó $\sigma_{xy}, \sigma_o, \sigma_A$ là ứng suất dây dẫn tại các tọa độ (x,y) , điểm O và điểm A.

Từ công thức (4.8) ta thấy rằng ứng suất của dây dẫn tại điểm treo dây dẫn lớn hơn ứng suất tại điểm thấp nhất. Tại các đường dây có chiều dài khoảng vượt trung bình, thì sự khác nhau giữa và rất ít (khoảng 0,3%) nên có thể bỏ qua và lấy để tính toán. Nếu khoảng vượt lớn (trên 700m) thì phải dùng công thức tính đúng như đã nêu ở trên.

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.12 .Phương trình và các thông số cơ bản của ĐD trên không

b) Độ võng f

Từ phương trình (4.5) tại tọa độ treo dây điểm A (hình 4.1) với $x = \frac{l}{2}$, ta có $y_A = y_o \cdot \text{ch} \frac{l}{2y_o}$, mà $y_A = y_o + f$, suy ra:

$$f = y_A - y_o = y_o \left(\text{ch} \frac{l}{2y_o} - 1 \right) = \frac{\sigma_o}{g} \left(\text{ch} \frac{l \cdot g}{2\sigma_o} - 1 \right)$$

Triển khai hàm $\left(\text{ch} \frac{l \cdot g}{2\sigma_o} - 1 \right)$ thành chuỗi được:

$$\left(\text{ch} \frac{l \cdot g}{2\sigma_o} - 1 \right) = 1 + \frac{l^2 g^2}{2 \cdot 4 \sigma_o^2} + \frac{l^4 g^4}{4! \cdot 16 \sigma_o^4} + \dots - 1$$

$$\text{Khi đó độ võng } f \text{ sẽ là: } f = \frac{\sigma_o}{g} \left(\frac{l^2 g^2}{2 \cdot 4 \sigma_o^2} + \frac{l^4 g^4}{24 \cdot 16 \sigma_o^4} + \dots \right)$$

Giữ lại hai số hạng đầu của chuỗi ta được CT tính gần đúng độ võng như sau:

Với các khoảng vượt dưới 700m, độ võng được xác định gần đúng theo công thức (4.10) chỉ đạt sai số rất nhỏ (chừng từ 0,1% đến 0,3%).

$$f \approx \frac{l^2 g}{8 \sigma_o} \quad (4.10)$$

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.12 .Phương trình và các thông số cơ bản của ĐD trên không

c) Chiều dài dây dẫn L

Từ phương trình (4.5) tại tọa độ treo dây điểm A (hình 4.1) với $x = \frac{\ell}{2}$, ta có

$$L = 2y_A = 2y_0 \operatorname{sh} \frac{\ell}{2y_0} = 2 \frac{\sigma_0}{g} \operatorname{sh} \frac{\ell \cdot g}{2\sigma_0}$$

Triển khai hàm $\operatorname{sh} \frac{\ell \cdot g}{2\sigma_0}$ thành chuỗi được:

$$\operatorname{sh} \frac{\ell \cdot g}{2\sigma_0} = \frac{\ell g}{2\sigma_0} + \frac{\ell^3 g^3}{3! \cdot 8\sigma_0^3} + \frac{\ell^5 g^5}{5! \cdot 32\sigma_0^5} + \dots$$

Khi đó độ dài L:
$$L = 2 \frac{\sigma_0}{g} \left(\frac{\ell g}{2\sigma_0} + \frac{\ell^3 g^3}{3! \cdot 8\sigma_0^3} + \frac{\ell^5 g^5}{5! \cdot 32\sigma_0^5} + \dots \right)$$

Giữ lại hai số hạng đầu của chuỗi ta được CT tính gần đúng L như sau:

CT (4.10) và (4.11) là những CT cơ bản tính toán cơ khí của đường dây trên không. Cả hai CT đó đều có dạng phương trình parabol.

$$L \approx \ell + \frac{\ell^3 g^2}{24\sigma_0^2} = \ell + \frac{8f^2}{3\ell} \quad (4.11)$$

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.12 .Phương trình và các thông số cơ bản của ĐD trên không

4.12.2 Dây dẫn treo trên hai điểm không cùng độ cao

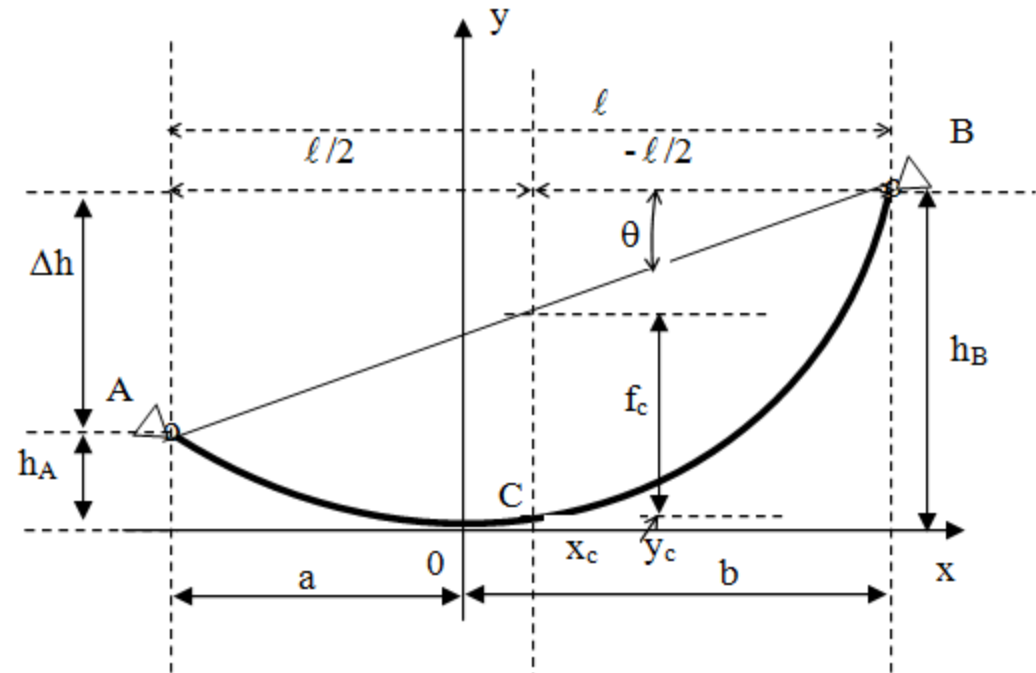
1.Độ võng

Ta viết lại phương trình (4.7) của trường hợp dây dẫn treo trên hai điểm có cùng độ cao, có xét đến (4.9) được:

$$y_x = \frac{g \cdot x^2}{2\sigma_0} \quad (4.12)$$

Đây là phương trình parabol có điểm thấp C trùng với điểm gốc tọa độ 0 (hình 4.2).

Khi hai điểm treo dây A và B không cùng độ cao, *Dây dẫn* vẫn tạo thành đường parabol duy nhất đi qua hai điểm treo dây A,B (hình 4.3). Tâm của trục tọa độ sẽ gần về phía điểm treo dây thấp hơn. PT (4.12) vẫn áp dụng được cho trường hợp này.



Hình 4.3

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.12 .Phương trình và các thông số cơ bản của ĐD trên không

4.12.2 Dây dẫn treo trên hai điểm không cùng độ cao

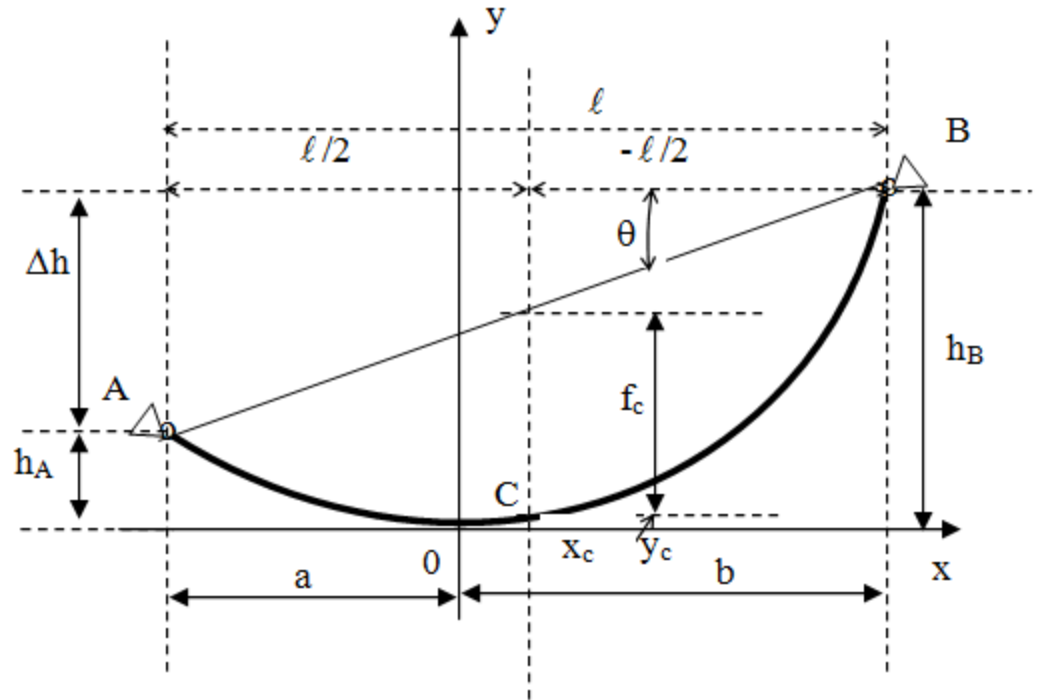
1.Độ võng

Ta viết lại phương trình (4.7) của trường hợp dây dẫn treo trên hai điểm có cùng độ cao, có xét đến (4.9) được:

$$y_x = \frac{g \cdot x^2}{2\sigma_0} \quad (4.12)$$

Đây là phương trình parabol có điểm thấp C trùng với điểm gốc tọa độ 0 (hình 4.2).

Khi hai điểm treo dây A và B không cùng độ cao, *Dây dẫn* vẫn tạo thành đường parabol duy nhất đi qua hai điểm treo dây A,B (hình 4.3). Tâm của trục tọa độ sẽ gần về phía điểm treo dây thấp hơn. PT (4.12) vẫn áp dụng được cho trường hợp này.



Hình 4.3

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.12 .Phương trình và các thông số cơ bản của ĐĐ trên không

4.12.2 Dây dẫn treo trên hai điểm không cùng độ cao

1. Độ võng

Từ hình 4.3 thay a và b vào 4.12 ta được: $h_A = \frac{g.a^2}{2\sigma_0}; h_B = \frac{g.b^2}{2\sigma_0}$ (4.13)
 h_A và h_B là độ cao của hai điểm treo dây.

Độ lệch giữa hai điểm treo dây: $\Delta h = h_B - h_A = \ell.tg\theta = \frac{g}{2\sigma_0}(b^2 - a^2)$

ở đây θ là góc tạo bởi đường thẳng AB với trục hoành; $\theta = \arctg \Delta h/\ell$

Thay $b = \ell - a$ vào phương trình trên ta được: $\Delta h = \frac{g}{2\sigma_0}(b^2 - a^2) = \frac{g}{2\sigma_0}\ell(\ell - 2a)$

Giải phương trình ta được:

$$\left. \begin{aligned} a &= \frac{1}{2} - \frac{\sigma_0 \cdot \Delta h}{g \cdot \ell} = \frac{1}{2} - \frac{T_0 \cdot \Delta h}{G \cdot \ell} \\ b &= \frac{1}{2} - \frac{\sigma_0 \cdot \Delta h}{g \cdot \ell} = \frac{1}{2} + \frac{T_0 \cdot \Delta h}{G \cdot \ell} \end{aligned} \right\} (4.14)$$

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

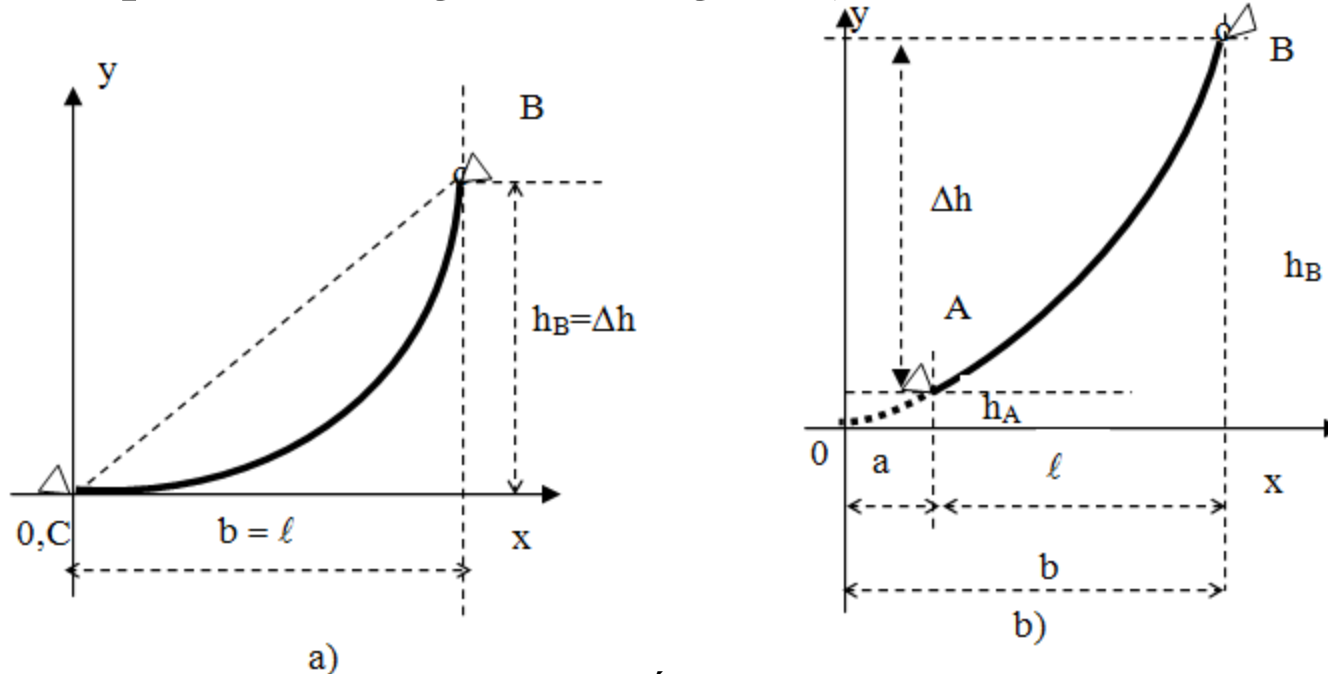
4.12 .Phương trình và các thông số cơ bản của ĐD trên không

4.12.2 Dây dẫn treo trên hai điểm không cùng độ cao

Tính được a,b ta xác định được hệ tọa độ của đường căng dây.

Có thể xảy ra ba trường hợp đối với điểm O, điểm thấp nhất của đường dây căng, đó là:

- Điểm thấp nhất nằm gần khoảng cột (hình 4.3): $a + b = \ell$; $\Delta h = h_B - h_A$
- Điểm thấp nhất trùng điểm treo dây (hình 4.4a): $b = \ell$; $h_A = 0$; $\Delta h = h_B$
- Điểm thấp nhất nằm ngoài khoảng cột (hình 4.4b): $b - a = \ell$; $\Delta h = h_B - h_A$



Hình 4.4 Một số trường hợp căng dây

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.12 .Phương trình và các thông số cơ bản của ĐD trên không

4.12.2 Dây dẫn treo trên hai điểm không cùng độ cao

Trường hợp hình 4.4b không có điểm thấp nhất trên thực tế (không tồn tại), đó chỉ là điểm giả tưởng.

Các phương trình (4.14) đúng cho mọi trường hợp. Nếu $h_A > h_B$ thì điểm thấp nhất gần B, do đó dấu của thành phần thứ hai trong (4.14) sẽ thay đổi và $a > b$.

Độ võng ở giữa khoảng cột f_C (hình 4.3) là $f_C = h_A - \frac{\Delta h}{2} - y_C$ (4.15)

y_C là độ cao của dây tại x_C

$$x_C = \frac{l}{2} - a = \frac{\sigma_o \cdot \Delta h}{g \cdot l} \quad (4.16)$$

Thay x_C vào (5.12) ta được:

$$y_C = \frac{\sigma_o}{2g} \left(\frac{\Delta h}{l} \right)^2 \quad (4.17)$$

Thay $b = \frac{l}{2} + x_C = \frac{l}{2} + \frac{\sigma_o \cdot \Delta h}{g \cdot l}$ vào (4.13) ta được:

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.12 .Phương trình và các thông số cơ bản của ĐĐ trên không

4.12.2 Dây dẫn treo trên hai điểm không cùng độ cao

$$h_A = \frac{\sigma_o}{2g} \left(\frac{l}{2} + \frac{\sigma_o \cdot \Delta h}{2g \cdot l} \right)^2 = \frac{\sigma_o}{2s} \left[\left(\frac{l}{2} \right)^2 + 2 \frac{l \cdot \sigma_o \cdot \Delta h}{g \cdot l} + \frac{\sigma_o^2 \cdot \Delta h^2}{g^2 \cdot l^2} \right]^2 = \frac{g \cdot l^2}{8\sigma_o} + \frac{\Delta h}{2} + \frac{\sigma_o \cdot \Delta h^2}{2g \cdot l^2} \quad (4.18)$$

Thay (4.16), (4.17) và (4.18) vào (4.15) ta được:

$$f_C = \frac{g \cdot l^2}{8\sigma_o} \quad (4.19)$$

Ta thấy độ võng ở điểm giữa khoảng cột f_C cũng tính giống như hai điểm treo dây ngang nhau.

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.12 .Phương trình và các thông số cơ bản của ĐĐ trên không

4.12.3 Phương trình trạng thái của dây dẫn

Đối với một dây dẫn treo lên hai cột với khoảng cột là ℓ , ở một điều kiện nào đó (t^0 , tốc độ gió,..) thì sẽ tồn tại các thông số ứng suất σ , độ võng f , độ dài đường dây L , tỷ tải g tương ứng. \rightarrow điều kiện làm việc thay đổi \rightarrow các thông số thay đổi theo. Người thiết kế phải tính toán lựa chọn sao cho :

- Trong mọi biến đổi của thời tiết ứng suất σ không được vượt quá giá trị σ_{cp} cho phép vì như vậy sẽ làm hỏng dây dẫn;
- Độ võng không được lớn quá, vì sẽ làm cho khoảng cách an toàn của dây bị vi phạm.

Giả thiết ở trạng thái m ta đã biết: nhiệt độ θ_m , dây dẫn có tỷ tải g_m , ứng suất thì độ dài của dây dẫn trong khoảng cột theo công thức (4.11) là :

$$L_m = \ell + \frac{\ell^3 \cdot g_m^2}{24\sigma_m^2} \quad (4.11)$$

Khi nhiệt độ thay đổi từ θ_m sang θ_n thì chiều dài dây dẫn sẽ thay đổi một lượng bằng:

$$\Delta L_1 = L_m \alpha (\theta_n - \theta_m)$$

α : hệ số giãn nở theo nhiệt độ của nguyên liệu cấu tạo dây dẫn, đơn vị là 1/độ.

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.12 .Phương trình và các thông số cơ bản của ĐĐ trên không

4.12.3 Phương trình trạng thái của dây dẫn

Tương ứng với trạng thái m sang n thì ứng suất dây dẫn thay đổi từ σ_m sang σ_n và do yếu tố này chiều dài cũng bị thay đổi thêm một lượng nữa:

$$\Delta L_2 = \frac{L_m}{E} (\sigma_n - \sigma_m)$$

E là môđun đàn hồi của dây dẫn, đơn vị là kg/mm² hay daN/mm².

Ở trạng thái n, chiều dài của dây dẫn trong khoảng cột theo công thức (4.11) là:

$$L_n = l + \frac{l^3 \cdot g_n^2}{24\sigma_n^2}$$

Độ dài L_n bằng tổng độ dài L_m cộng với các đoạn dài thêm ΔL_1 và ΔL_2 .

Vậy ta có :

$$l + \frac{l^3 \cdot g_n^2}{24\sigma_n^2} = l + \frac{l^3 \cdot g_m^2}{24\sigma_m^2} + L_m \cdot \alpha (\theta_n - \theta_m) + \frac{L_m}{E} (\sigma_n - \sigma_m)$$

Trong tính gần đúng $L_m \approx l$, tức là coi chiều dài của dây dẫn trong khoảng cột bằng chiều dài khoảng cột (ví dụ =400m, f=12 m thì L=400,96 m); khi đó có thể viết:

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.12 .Phương trình và các thông số cơ bản của ĐD trên không

4.12.3 Phương trình trạng thái của dây dẫn

$$\frac{\ell^3 \cdot g_n^2}{24\sigma_n^2} = \ell + \frac{\ell^3 \cdot g_m^2}{24\sigma_m^2} + \ell \cdot \alpha (\theta_n - \theta_m) + \frac{\ell}{E} (\sigma_n - \sigma_m)$$
$$\Leftrightarrow \frac{\ell^2 \cdot g_n^2}{24\sigma_n^2} = \frac{\ell^2 \cdot g_m^2}{24\sigma_m^2} + \alpha (\theta_n - \theta_m) + \frac{1}{E} (\sigma_n - \sigma_m)$$

Đặt $\beta = \frac{1}{E}$, gọi là hệ số kéo dài đàn hồi. Chia hai vế của phương trình trên cho β , đồng thời chuyển vế ta được:

$$\sigma_n - \frac{\ell^2 \cdot g_n^2}{24\beta\sigma_n^2} = \sigma_m - \frac{\ell^2 \cdot g_m^2}{24\beta\sigma_m^2} - \frac{\alpha}{\beta} (\theta_n - \theta_m) \quad (4.22a)$$

Phương trình (4.22a) gọi là PT trạng thái của dây dẫn. Đó là PT cơ bản quan trọng trong tính toán cơ khí dây dẫn. Với PT trên, khi biết các thông số ở trạng thái m là σ_m, g_m, θ_m thì có thể tính ra được σ_n trong điều kiện mới với các thông số g_n, θ_n

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.12 .Phương trình và các thông số cơ bản của ĐĐ trên không

4.12.3 Phương trình trạng thái của dây dẫn

Nếu hai điểm treo dây không cùng độ cao thì phương trình trạng thái sẽ là:

$$\sigma_n - \frac{\ell^2 \cdot g_n^2 \cos^2 \theta}{24 \beta \sigma_n^2} = \sigma_m - \frac{\ell^2 \cdot g_m^2 \cos^2 \theta}{24 \beta \sigma_m^2} - \frac{\alpha}{\beta} (\theta_n - \theta_m) \quad (4.22b)$$

trong đó $\theta = \arctg \Delta h / \ell$, điều kiện $\theta < 14^\circ$. Để giải phương trình (4.22a) ta đặt:

$$A = \sigma_m - \frac{\ell^2 \cdot g_m^2}{24 \beta \sigma_m^2} - \frac{\alpha}{\beta} (\theta_n - \theta_m); \quad B = \frac{\ell^2 \cdot g_n^2}{24 \beta}$$

Ta có phương trình bậc 3 của σ_n :

$$\sigma_n - \frac{B}{\sigma_n^2} = A \quad \text{hay} \quad \sigma_n^3 - A \sigma_n^2 - B = 0 \quad (4.23)$$

PT này được giải bằng phương pháp gần đúng để tìm σ_n . Khi biết ứng suất σ_n và tỷ tải θ_n thì dễ dàng tính được độ võng f_n của dây dẫn theo công thức (4.10) trong điều kiện khí hậu mới.

$$f_n = \frac{\ell^2 \cdot g_n}{8 \sigma_n}$$

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.12 .Phương trình và các thông số cơ bản của ĐĐ trên không

4.12. Tính toán với dây AC

Đối với dây AC, khi nhiệt độ thay đổi sự giãn nở chung phải là một, nhưng bên trong các sợi nhôm và thép xuất hiện lực tương tác giữa chúng với nhau. Thực tế ví dụ như nhiệt độ tăng thì phần nhôm giãn ra nhiều hơn, phần thép ít hơn, nhưng do chúng được bên chặt vào nhau do chế tạo nên phần thép bị phần nhôm kéo dài thêm, còn phần nhôm bị phần thép co ngắn lại, kết quả là chúng có cùng mức co giãn.

Như vậy cả hai phần đều chịu một ứng suất phụ do nhiệt độ gây ra, ứng suất này cộng với ứng suất do tải trọng cơ gây ra tạo thành ứng suất thực trong mỗi phần của dây.

Bài toán là đối với dây AC là phải xác định được các thông chung cho chúng: môđun đàn hồi E_0 , ứng suất giả tương σ_{gt} , hệ số giãn nở nhiệt đẳng trị α_0 , hệ số kéo dài đàn hồi đẳng trị β_0 . Sau đây sẽ phân tích việc xác định các thông số chung này.

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.12 .Phương trình và các thông số cơ bản của ĐD trên không

4.12.1 Môđun đàn hồi E_0 và ứng suất giả thiết σ_{gt}

Khi dây AC chịu lực kéo T , thì lực này được phân cho cả hai phần nhôm T_{AL} và thép T_{Fe} : $T = T_{AL} + T_{Fe}$. Khi đó ứng suất giả thiết sẽ là:

$$\sigma_{gt} = \frac{T}{F} = \frac{T}{F_{AL} + F_{Fe}} \quad (4.35)$$

trong đó F_{AL}, F_{Fe} là thiết diện phần nhôm và phần thép.

Khi thay đổi trạng thái, dây bị thay đổi độ dài và khi đó ta có:

$$\Delta l = \frac{\sigma_{gt}}{E_0} = \frac{\sigma_{AL}}{E_{AL}} = \frac{\sigma_{Fe}}{E_{Fe}} \quad (4.36)$$

$$\Rightarrow \left. \begin{array}{l} \sigma_{AL} = \sigma_{gt} \cdot \frac{E_{AL}}{E_0} \\ \sigma_{Fe} = \sigma_{gt} \cdot \frac{E_{Fe}}{E_0} \end{array} \right\} \text{ hay } \sigma_{gt} = \sigma_{AL} \cdot \frac{E_0}{E_{AL}} = \sigma_{Fe} \cdot \frac{E_0}{E_{Fe}} \quad (4.37)$$

Theo (4.35) ta có : $T = T_{AL} + T_{Fe}$, mà $T = \sigma \cdot F$ nên $\sigma_{gt} \cdot F = \sigma_{AL} \cdot F_{AL} + \sigma_{Fe} \cdot F_{Fe}$

Chia cả hai vế biểu thức trên cho Δl được:

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.12 .Phương trình và các thông số cơ bản của ĐD trên không

4.12.1 Môđun đàn hồi E_0 và ứng suất giả thiết σ_{gt}

$$\frac{\sigma_{gt}}{\Delta l} (F_{AL} + F_{Fe}) = \frac{\sigma_{AL}}{\Delta l} \cdot F_{AL} + \frac{\sigma_{Fe}}{\Delta l} \cdot F_{Fe}$$

mà $\frac{\sigma}{\Delta l} = E$, nên $E_0 (F_{AL} + F_{Fe}) = E_{AL} \cdot F_{AL} + E_{Fe} \cdot F_{Fe}$, rút ra :

$$E_0 = \frac{E_{AL} \cdot F_{AL} + E_{Fe} \cdot F_{Fe}}{(F_{AL} + F_{Fe})} = \frac{E_{AL} \cdot F_{AL}}{F_{Fe} \left(\frac{F_{AL}}{F_{Fe}} + 1 \right)} + \frac{E_{Fe} \cdot F_{Fe}}{F_{Fe} \left(\frac{F_{AL}}{F_{Fe}} + 1 \right)}$$

Đặt $a = \frac{E_{AL}}{F_{Fe}}$, ta có: $E_0 = \frac{a \cdot E_{AL} + E_{Fe}}{(1+a)}$ (4.38)

Công thức (4.38) cho phép tính môđun đàn hồi của toàn bộ dây AC, và nếu thay chúng vào (4.37) ta được:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{AL} &= \sigma_{gt} \frac{E_{AL}}{E_0} = \sigma_{gt} \frac{E_{AL}(1+a)}{E_{Fe} + aE_{AL}} \\ \sigma_{Fe} &= \sigma_{gt} \cdot \frac{E_{Fe}}{E_0} = \sigma_{gt} \frac{E_{FE}(1+a)}{E_{Fe} + aE_{AL}} \end{aligned} \right\} (4.39)$$

Công thức (4.39) cho phép tính ứng suất của Fe và Al theo ứng suất giả tưởng và ngược lại.

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

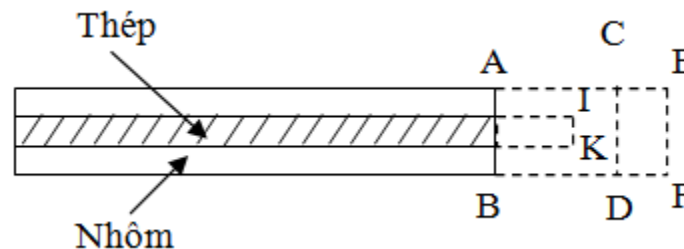
4.12 .Phương trình và các thông số cơ bản của ĐD trên không

4.12.1 Hệ số kéo dài đàn hồi đẳng trị β_0 và hệ số giãn nở nhiệt đẳng trị α_0

Hệ số kéo dài đàn hồi đẳng trị β_0 được xác định theo biểu thức:

$$\beta_0 = \frac{l}{E_0} = \frac{l+a}{aE_{AL} + E_{Fe}} \quad (4.40)$$

Hệ số giãn nở nhiệt đẳng trị α_0 cần được xây dựng công thức tính. Giả thiết các phần nhôm và thép được tự do giãn nở, không ảnh hưởng lẫn nhau. Lúc đầu, ở nhiệt độ bằng nhiệt độ lúc chế tạo, hai bộ phận nhôm và thép có độ dài bằng nhau (vạch AB trên hình). Khi nhiệt độ tăng lên thì phần nhôm giãn nở nhiều hơn phần thép, độ dài của phần nhôm sẽ chiếm vị trí mới là EF, còn thép thì giãn nở ít hơn và chiếm vị trí mới là IK. Trên thực tế phần nhôm và phần thép được gắn chặt với nhau, cho nên nhôm và thép cùng giãn nở và chiếm tới vị trí CD (nhôm bị nén lại từ EF tới CD, còn thép bị kéo dài thêm từ IK đến CD).



IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.12 .Phương trình và các thông số cơ bản của ĐD trên không

4.12.2 Hệ số kéo dài đàn hồi đẳng trị β_0 và hệ số giãn nở nhiệt đẳng trị α_0

Theo các mối liên hệ cơ bản các đại lượng $\sigma, T, \Delta l, E, \Delta \theta$ là $\sigma = \frac{T}{F}, \sigma = \Delta l \cdot E, \Delta l = \Delta \alpha \cdot \Delta \theta$ ta có $T = \sigma \cdot F = \Delta l \cdot E \cdot F = \Delta \alpha \cdot \Delta \theta \cdot E \cdot F$; Áp dụng biểu thức này cho từng phần cho dây AC ta được:

$$T_{Fe} = (\alpha_{Fe} - \alpha_0)(\theta - \theta_0) \cdot E_{Fe} \cdot F_{Fe}$$

$$T_{AL} = (\alpha_{AL} - \alpha_0)(\theta - \theta_0) \cdot E_{AL} \cdot F_{AL}$$

trong đó θ_0 là nhiệt độ ban đầu, còn θ là nhiệt độ tại trạng thái xem xét. Qui ước lực kéo có dấu cộng, còn lực nén có dấu trừ, thì ở đây lực T_{AL} có dấu cộng, còn lực T_{Fe} có dấu trừ. Theo luật cân bằng lực ta có thể viết:

$$T_{Fe} + T_{AL} = 0 \Rightarrow (\alpha_{Fe} - \alpha_0)(\theta - \theta_0) \cdot E_{Fe} \cdot F_{Fe} + (\alpha_{AL} - \alpha_0)(\theta - \theta_0) \cdot E_{AL} \cdot F_{AL} = 0$$

$$\Leftrightarrow (\alpha_{Fe} - \alpha_0) \cdot E_{Fe} \cdot F_{Fe} + (\alpha_{AL} - \alpha_0) \cdot E_{AL} \cdot F_{AL} = 0$$

$$\Leftrightarrow \alpha_{Fe} \cdot E_{Fe} \cdot -\alpha_0 \cdot E_{Fe} = -\alpha_{AL} \cdot E_{AL} \cdot \frac{F_{AL}}{F_{Fe}} + \alpha_0 \cdot E_{AL} \cdot \frac{F_{AL}}{F_{Fe}}$$

Đặt $a = \frac{F_{AL}}{F_{Fe}}$ và thay vào phương trình trên, giải ra ta được:

$$\alpha_0 = \frac{\alpha_{Fe} \cdot E_{Fe} + a \cdot \alpha_{AL} \cdot E_{AL}}{E_{Fe} + a \cdot E_{AL}} \quad (4.41)$$

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.12 .Phương trình và các thông số cơ bản của ĐD trên không

4.12.3 Phương trình trạng thái và tính toán cơ học đối với dây AC

Cũng giống như dây đơn chất, đối với dây AC ở những điều kiện khí hậu khác nhau thì ứng suất và độ võng cũng thay đổi khác nhau. Để xác định được các đại lượng này cho một trạng thái điều kiện khí hậu ta vẫn có thể sử dụng phương trình trạng thái cơ bản (4.22a) nhưng phải thay các thông số $\sigma_{gt}, E_o, \beta_o, \alpha_o$, cụ thể là:

$$\sigma_{gtn} - \frac{\ell^2 \cdot g_n^2}{24 \beta \sigma_{gtn}^2} = \sigma_{gtm} - \frac{\ell^2 \cdot g_m^2}{24 \beta \sigma_{gtm}^2} - \frac{\alpha_o}{\beta_o} (\theta_n - \theta_m) \quad (4.42)$$

Từ phương trình trạng thái (4.42) tùy theo trạng thái khí hậu xác định được ứng suất σ_{gt} theo phương pháp luận đã trình bày trước đây, và từ đó xác định được độ võng theo công thức quen thuộc .

$$f = \frac{\ell^2 \cdot g}{8 \sigma_{gt}}$$

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.12 .Phương trình và các thông số cơ bản của ĐĐ trên không

4.12.4 Chống rung dây dẫn

Sự xuất hiện thành phần dọc của áp lực gió làm cho dây chuyển động lên, sao đó có xung lực tác động liên tục theo chiều lên xuống. Nếu tần số xung lực đó gần bằng tần số dao động riêng của dây thì dây sẽ dao động mạnh và duy trì. Đó là hiện tượng rung của dây dẫn trong khoảng cột.

Tần số rung của dây tỷ lệ với tốc độ gió và phụ thuộc vào đường dây có thể được xác định theo biểu thức sau:

$$f_d = 200 \cdot \frac{v}{d}; [Hz] \quad (4.43)$$

trong đó : f_d - tần số riêng của dây dẫn; [Hz]

v - vận tốc gió; [m/s]

d - đường kính dây dẫn; mm

Sự rung của dây chỉ xảy ra khi hướng gió tạo với trục dây dẫn một góc chừng $\beta = 45^\circ \div 90^\circ$. Khi góc này trong khoảng $30^\circ \div 45^\circ$, sự rung không duy trì. Khi $\beta < 30^\circ$ thì không có hiện tượng rung.

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.12 .Phương trình và các thông số cơ bản của ĐĐ trên không

4.12.4 Các biện pháp chống rung

Biện pháp chống rung có hiệu quả nhất và thường được áp dụng rộng rãi là dùng tạ chống rung (hình. Tạ chống rung gồm hai đối trọng (quả tạ) được nối với nhau bằng cán thép và được treo dây nhờ kẹp chuyên dụng. Khi có rung, thiết bị này sẽ triệt tiêu năng lượng dao động bởi ma sát giữa các sợi của cáp treo hai đối trọng.

Khoảng cách đặt tạ chống rung tính từ giữa vị trí đặt tạ (vị trí kẹp) và điểm treo dây dẫn được xác định theo công thức sau:

$$l_{ta} = 1,75 \sqrt{\sigma_{tb} \cdot \frac{F}{g_1}} \quad \text{hay} \quad l_{ta} = 0,0013d \sqrt{\sigma_{tb} \cdot \frac{F}{g_1}}$$

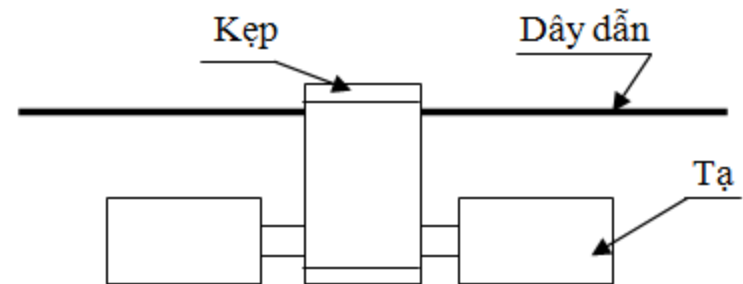
l_{ta} - khoảng cách đặt tạ; [mm]

σ_{tb} - ứng suất trong trạng thái nhiệt độ trung bình trong năm; [daN/mm²]

d - đường kính dây dẫn; [mm]

F - tiết diện dây dẫn; [mm²]

g_1 - tỷ tải do trọng lượng bản thân của dây dẫn; [daN/m.mm²]



IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.5 Hiện tượng vàng quang

Khi điện thế AC giữa hai dây dẫn song song tăng tới giới hạn sẽ xuất hiện trên bề mặt dây dẫn ánh sáng màu tím nhạt và âm thanh → vàng quang.

E_d : điện thế phá vỡ tới hạn.

E_v : điện thế thấy được tới hạn, tỷ lệ với mật độ không khí ở b cm (Hg) áp suất và $t^{\circ}\text{C}$ cho bởi:

$$\delta = \frac{3,92b}{273 + t} \quad (4.1)$$

Trường hợp các dây song song, gradient điện thế: $G = \frac{E}{r \ln \frac{d}{r}} \quad (4.2)$

D: khoảng cách giữa các dây dẫn (cm).

R: bán kính dây dẫn (cm)

Điện thế pha phá vỡ tới hạn E_d : $E_d = 21,1.m.r.\delta.\ln \frac{d}{r} \quad (\text{kV}) \quad (4.3)$

m: hệ số bề mặt.

Đối với dây bóng láng, $m=1$; dây bề mặt nhám, $0,92 < m < 0,94$

Điện thế pha tới hạn thấy được:

$$E_v = 31,1.m_v.\delta.r \left(1 + \frac{0,3}{\sqrt{\delta.r}} \right) \ln \frac{d}{r}, \quad (\text{kV}) \quad (4.4)$$

$m_v = m$, hệ số bề mặt của dây $0,72 < m_v < 0,82$

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.5 Hiện tượng vàng quang

4.5.1 Điện thế tới hạn và các loại dây dẫn

Loại dây dẫn nhiều sợi hay bó có n sợi dây dẫn đồng nhất bố trí thành chùm (phân pha) có điện thế tới hạn thấy được cao hơn dây dẫn đơn có cùng tiết diện \rightarrow dây dẫn nhiều sợi ở điện thế cao ít bị ảnh hưởng hiện tượng vàng quang hơn dây dẫn đơn một sợi.

Đối với DD hai sợi gradient lớn nhất ở bề mặt dây dẫn được tính:

D : khoảng cách giữa các dây dẫn (cm).

r : bán kính dây dẫn (cm)

$$G = \frac{E \left(1 + \frac{2r}{s} \right)}{2r \ln \frac{D}{\sqrt{rs}}} \quad (4.5)$$

Theo Cahen và Pelissier trị số trung bình của gradient điện thế ở bề mặt dây chùm:

Để tính điện thế phá vỡ, gradient điện thế được tính

$$G = \frac{E \left(1 + \frac{r}{s} \right)}{2r \ln \frac{D}{\sqrt{rs}}} \quad (4.6)$$

$$E = 21,1 \left(1 + \frac{0,301}{\sqrt{r}} \right) kV / cm (rms) \quad (4.7)$$

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.5 Hiện tượng vàng quang

4.5.2 Tổn thất vàng quang

Khi vàng quang xảy ra sẽ gây tổn thất năng lượng, công thức tổn thất do vàng quang dưới điều kiện thời tiết tốt được cho bằng CT kinh nghiệm:

$$P_e = \frac{244}{\delta} (f + 25) \sqrt{\frac{r}{D}} (E - E_d)^2 \cdot 10^{-5} \text{ kW / pha / km} \quad (4.8)$$

D: khoảng cách giữa các dây dẫn (cm). E: điện thế pha kV.

r: bán kính dây dẫn (cm)

δ : hệ số mật độ không khí.

f: tần số (Hz)

E_d : điện thế pha vỡ (kV), từ PT (4.3)

Khi có bão, trị số tổn thất vàng quang được tính bằng cách lấy trị số $E_d=0,8$ lần giá trị lúc thời tiết tốt. Hạn chế của công thức: $25 < f < 120 \text{ Hz}$

Khi $E/E_d < 1,8$, công thức Peterson được tính

$r > 0,25 \text{ cm}$

$E/E_d > 1,8$

$$P_e = \frac{21 \times 10^{-6} \cdot f \cdot x \cdot E^2}{\left(\ln \frac{D}{r} \right)^2} \cdot xF \text{ kW/km} \quad (4.9)$$

F hệ số thay đổi theo tỷ số E/E_d gần đúng ở bảng sau:

E/E_d	0,6	0,5	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2.2
F	0,012	0,018	0,05	0,08	0,3	1,0	3,5	6,0	8,0

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

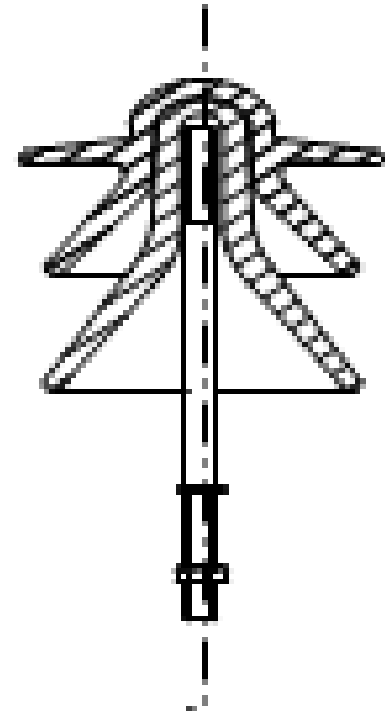
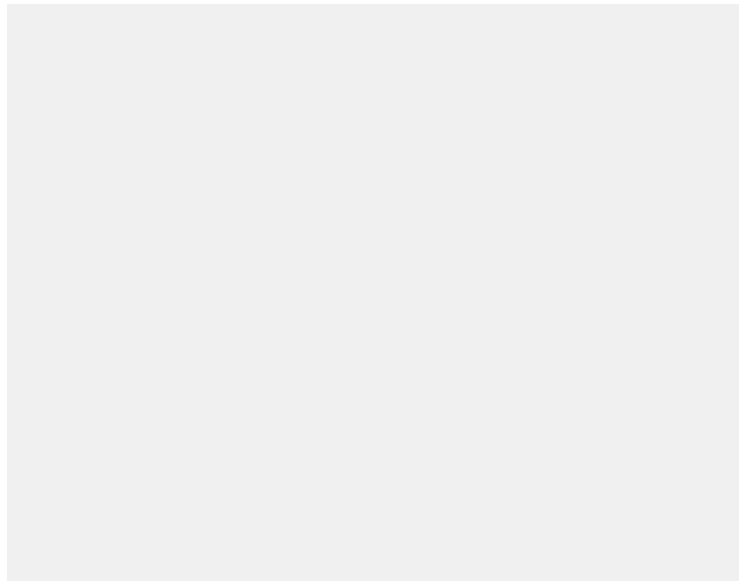
4.6 Sứ cách điện

Sứ cách điện được thiết kế và sản xuất cho cấp điện áp cố định, điện thế tối đa cho mỗi bát sứ là 35kV



a) *Sứ kiểu đứng.*

Thường gọi là sứ đứng, được chế tạo để dùng ở các đường dây có điện áp nhỏ hơn 35kV. Kinh nghiệm vận hành sứ ở nước ta cho thấy rằng, việc nhập mua sứ của nước ngoài chưa nhiệt đới hoá cần phải chú ý trong điều kiện khí hậu ẩm ướt hay bị rò điện và gây sự cố đường dây.



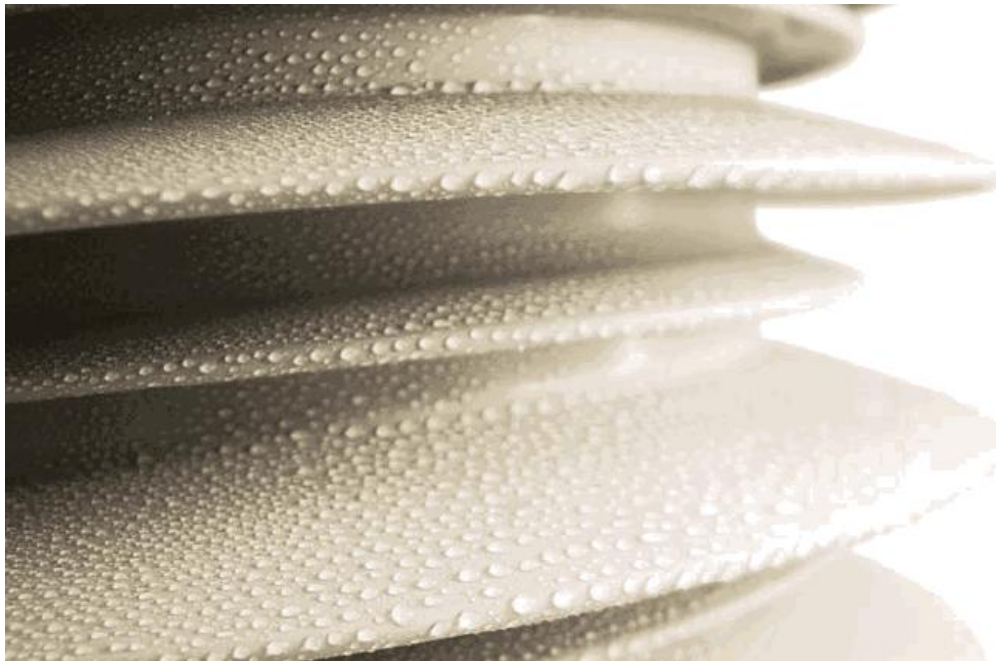
b) Sứ kiểu treo.

Sứ kiểu treo thường gọi là sứ treo hay sứ chuỗi . Mỗi chuỗi gồm nhiều bát sứ. Loại sứ này được dùng ở đường dây có điện áp lớn hơn 35kV. Dùng sứ treo rất tiện vì ta chỉ việc lắp nhiều bát sứ nối tiếp nhau thành từng chuỗi nhiều hay ít tùy theo điện áp vận hành của đường dây cao hay thấp.

Các đường dây đi qua khu vực có bụi và hoá chất phải dùng loại sứ chống bụi.



c) *Sú composite..*



IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.6.1 Sự phân bố điện thế của chuỗi sứ treo

Sứ cao áp thường nhiều bát sứ nối tiếp, nếu các đơn vị bát sứ giống nhau, phân bố điện áp trên các bát sứ bằng nhau nếu điện áp đặt vào là DC. Một dòng điện rò đi qua chuỗi sứ và điện áp DC đặt lên mỗi bát sứ bằng tích số dòng điện rò nhân với điện trở của mỗi bát sứ

Khi điện áp đặt lên chuỗi sứ là AC, điện áp trên các bát sứ không bằng nhau trên suốt chuỗi sứ, ngoài điện dung giữa các bát sứ còn có điện dung giữa các bát sứ với trụ, xà, dây dẫn, ...

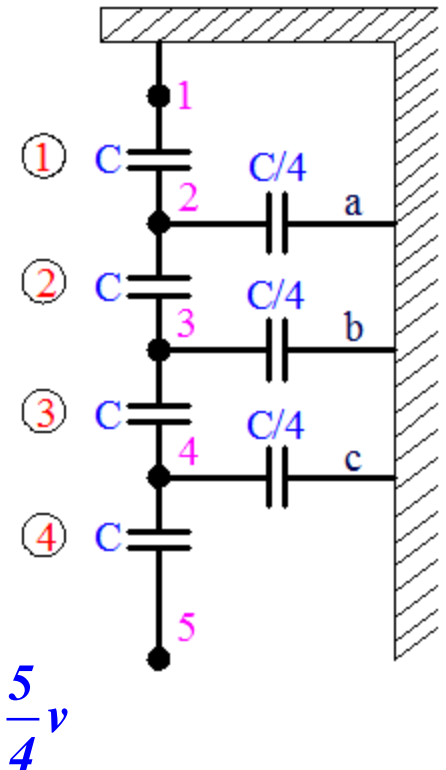
Xét ảnh hưởng của điện dung đối với đất (qua trụ, xà)

Gọi điện dung của bát sứ là C fara, điện dung chỗ nối bát sứ và trụ là C/4 fara. Xác định % của điện áp tổng trên mỗi đơn vị bát sứ.

Gọi điện dung áp trên đơn vị bát sứ 1-2 là v, đây cũng là điện áp trên tụ 2-a

Dòng qua 2-1: $j\omega C.v$ Dòng qua 2-a: $j\omega C.\frac{1}{4}v$

Dòng qua 3-2: $j\omega C.\frac{5}{4}v$ Điện áp đặt trên bát sứ 3-2: $\frac{5}{4}v$



IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.6.1 Sự phân bố điện thế của chuỗi sứ treo

$$\text{Điện áp trên 3-b: } \frac{5}{4}v + v = \frac{9}{4}v$$

$$\text{Dòng qua 3-b: } j\omega C \cdot \frac{9}{16}v$$

$$\text{Dòng qua 4-3: } j\omega C \cdot \frac{29}{16}v$$

$$\text{Điện áp trên 4-3: } \frac{29}{16}v$$

$$\text{Dòng qua 4-c: } j\omega C \cdot \frac{65}{64}v$$

$$\text{Điện áp trên 4-c: } \frac{65}{16}v$$

$$\text{Dòng qua 4-5: } j\omega C \cdot \frac{181}{64}v$$

$$\text{Điện áp trên 5-4: } \frac{181}{64}v$$

Tổng điện áp của chuỗi sứ so với đất:

$$\left(1 + \frac{5}{4} + \frac{29}{16} + \frac{181}{64} \right) v = \frac{441}{64}v$$

Theo tính toán này, sự phân bố điện áp như sau;

$$\frac{64}{441} = 14,5\% \quad \text{trên bát 1}$$

$$\frac{5/4}{441/64} = \frac{80}{441} = 18,1\% \quad \text{trên bát 2}$$

$$\frac{29/16}{441/64} = \frac{116}{441} = 26,3\% \quad \text{trên bát 3}$$

$$\frac{181/64}{441/64} = \frac{181}{441} = 41,1\% \quad \text{trên bát 4}$$

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.6.1 Sự phân bố điện thế của chuỗi sứ treo

Xét ảnh hưởng của điện dung giữa khớp nối bát sứ đến dây dẫn và giả thiết điện dung này bằng $C/8$, điện dung từ khớp nối đến đất vẫn bằng $C/4$

Gọi v là điện áp bát sứ trên cùng và V là điện áp cả chuỗi sứ

$$V_{21} = v, \quad V_{21} = j\omega C \cdot v$$

$$I_{21} = j\omega C \cdot v + j\omega C \cdot v \frac{C}{4} - j\omega (V - v) \frac{C}{8} = j\omega C \left(\frac{11}{8} v - \frac{1}{8} V \right)$$

$$V_{32} = \frac{11}{8} v - \frac{1}{8} V$$

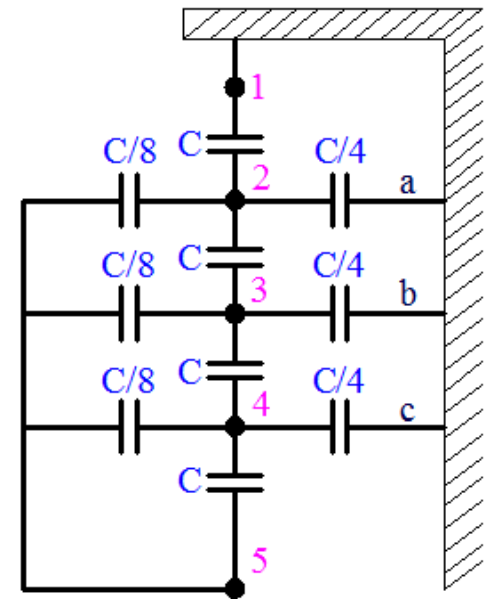
$$I_{43} = j\omega C \left(\frac{11}{8} v - \frac{1}{8} V \right) + j\omega \left(\frac{19}{8} v - \frac{1}{8} V \right) \frac{C}{4} - j\omega \left(V - \frac{19}{8} v + \frac{1}{8} V \right) \frac{C}{8}$$

$$= j\omega C \left(\frac{145}{64} v - \frac{19}{64} V \right)$$

$$V_{43} = \frac{145}{64} v - \frac{19}{64} V$$

$$I_{54} = j\omega C \left(\frac{145}{64} v - \frac{19}{64} V \right) + j\omega \left(\frac{297}{64} v - \frac{27}{64} V \right) \frac{C}{4} - j\omega \left(V - \frac{297}{64} v + \frac{27}{64} V \right) \frac{C}{8}$$

$$= j\omega C \left(\frac{2051}{512} v - \frac{297}{512} V \right)$$



IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.6.1 Sự phân bố điện thế của chuỗi sứ treo

$$V_{54} = \frac{2051}{512} v - \frac{297}{512} V$$

$$V_{51} = V_{21} + V_{32} + V_{43} + V_{51} = \frac{4427}{512} v - \frac{513}{512} V = V$$

$$\text{Suy ra: } v = V_{21} = \frac{1025}{4427} V = 0,232V$$

$$V_{32} = 0,193V$$

$$V_{43} = 0,228V$$

$$V_{54} = 0,347V$$

Nếu điện áp đỉnh của ĐD so với đất $E = \sqrt{2}$ (V) pha, điện thế đỉnh lớn nhất áp vào bát sứ là “e”, số lượng bát sứ là “n”. Khi đó hiệu suất chuỗi sứ $\varepsilon\%$ là (yêu cầu $\varepsilon > 30\%$)

$$\varepsilon\% = \frac{E}{n.e} 100$$

Điện thế e_1 áp giữa bát sứ gần dây dẫn nhất được tính:

$$e_1 = E \frac{2 \sinh\left(\frac{1}{2} \sqrt{c_e}\right) \cosh\left(\sqrt{c_e} \left(n - \frac{1}{2}\right)\right)}{\sinh\left(n \sqrt{c_e}\right)} \quad (4.10)$$

$$c_e = C_e / C$$

C_e : điện dung
cách điện giữa
bát sứ với đất

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.7 Đặc tính của đường dây truyền tải

Đặc tính chính:

- CS 3 pha được truyền
- Hệ số CS ở đầu nhận
- Khoảng cách tải điện km
- Điện thế đường dây.
- Độ sụt áp cho phép khi đầy tải.
- Tổn thất CS cho phép.
- Giới hạn vàng quang mỗi km
- Hiệu suất truyền tải.
- Ảnh hưởng do nhiệt độ lên đường dây.
- Khoảng cách an toàn từ dây dẫn đến mặt đất.
- Sức gió.
- Đường dây thiết kế chịu được lực cơ trong các trường hợp tải nặng, trung bình hay nhẹ

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.8 Tải của tổng trở sóng của đường dây truyền tải (SIL)

Khi ĐD truyền tải được hoà hợp tải (phối hợp trở kháng giữa tổng trở tải và tổng trở sóng ĐD) thì dòng điện đầu nhận có giá trị:

$$I_R = \frac{V_R}{Z_C}$$

Đối với ĐD không tổn hao Z_C là thuần trở. Tải tương ứng với tổng trở sóng ở cấp điện áp định mức được gọi là tải tổng trở sóng (*Surge Impedance Loading*), ký hiệu là SIL

$$SIL = 3V_R^* I_R = \frac{3|V_R|^2}{Z_C}$$

Thay V_R bằng giá trị điện áp dây V_d (kV) ta có: $SIL = \frac{(kV_d)^2}{Z_C} MW$

SIL tỷ lệ nghịch với Z_C đường dây, nếu Z_C càng nhỏ \rightarrow SIL càng lớn \rightarrow CS tải ĐD lớn \rightarrow hiệu suất ĐD cao

Ví dụ

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.9 Thiết kế phần điện của ĐD truyền tải

Ví dụ

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.10 Những điểm chính khi thiết kế phần cơ của ĐD truyền tải

1. Sức chịu tải của dây dẫn:

Tải của dây dẫn gồm: Trọng lượng dây-tải dọc

Lực gió tác động lên bề mặt dây dẫn-lực ngang

2. Khoảng vượt, độ võng và sức căng:

Khoảng vượt: khoảng cách giữa các cột được chọn phụ thuộc vào điện thế, cỡ dây dẫn được chọn dùng cho ĐD. Khi DD được treo trên trụ sẽ chùng xuống và có độ võng do khối lượng DD, cần thiết phải có khoảng cách tối thiểu giữa điểm thấp nhất của DD và mặt đất.

Điện áp, kV	Khoảng vượt, m
11	100
33	100
66	200
110	250-300
132	300
230	300

Điện áp, kV	Khoảng cách tối thiểu từ mặt đất, m
Điện thế thấp (<650 VDC hay 325VAC)	5,8
<6kV	6
66kV-110kV	6,4
110kV-166kv	6,7
>166kV	7

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.11 Sức căng- Độ võng

Có hai tải trọng tác động lên dây dẫn là:

- Tải trọng do trọng lượng dây gây ra;
- Tải trọng do áp lực gió tác động lên dây dẫn.

1. Tải trọng cơ học do trọng lượng dây

Trọng lượng 1m dây là G [kg/m], hoặc đổi thành đơn vị [kg/m] = 9,81[daN/m]. Khi đó tỉ tải g_1 do trọng lượng bản thân dây dẫn được xác định theo công thức:

$$g_1 = \frac{G_0}{F}; \quad [kg / m.mm^2]; \quad \text{hay} \quad g_1 = 9,81 \frac{G_0}{F}; \quad [daN / m.mm^2] \quad (4.1)$$

trong đó F là tiết diện dây dẫn; [mm²]

Do cấu tạo của dây vặn xoắn gồm nhiều sợi vặn xoắn với nhau nên chiều dài thực tế lớn hơn, khi đó tỉ tải g_1 vẫn tính theo công thức (4.1) nhưng nhân thêm với hệ số khoảng 1,02÷1,03.

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.11 Sức căng- Độ võng

2. Tải trọng do gió

Giả thiết gió thổi ngang vuông góc với chiều dài dây dẫn, gây ra áp lực (sức ép) đối với dây dẫn. Áp lực gió P_v trên 1m dây dẫn được tính theo CT sau:

$$P_v = a.k.q.S; \quad [\text{kg} / \text{m}]$$

trong đó: a- hệ số không đều của gió;
k- hệ số động lực của không khí;
S- bề mặt cản gió; m^2 .
q- động năng của gió; $[\text{kg}/\text{m}^2]$

Nếu gió thổi chéo đi thì phải nhân thêm với $\sin\varphi$ (φ là góc hợp bởi tuyến dây và chiều gió).

Hệ số không đều của gió dọc theo khoảng vượt phụ thuộc vào tốc độ v của gió như sau:

Tốc độ gió; m/s	20	25	30	40
Hệ số a	1	0,85	0,75	0,7

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.11 Sức căng- Độ võng

Hệ số động lực k của không khí phụ thuộc vào hình dáng, bề mặt mà gió tác dụng vào, đường kính dây dẫn, cụ thể như sau:

- Dây dẫn có đường kính $d \geq 20$ mm thì $k=1,1$
- Dây dẫn có đường kính $d < 20$ mm thì $k=1,2$

Bề mặt cản gió đối với chiều dài dây dẫn 1m chính bằng đường kính dây dẫn d ; nếu đường kính d tính bằng mm thì S bằng $d/1000$ [m²]

Động năng của gió có thể tra bảng có sẵn hay tính theo công thức: $q = \frac{v^2}{16}$, trong đó v là vận tốc gió [m/s].

Vậy áp lực gió P_v đối với 1m dây dẫn được tính theo công thức sau:

$$P_v = \frac{a.k.d.v^2}{1000.16}; \quad [kg / m] \quad (4.2)$$

Tỉ tải g_2 do gió lên dây dẫn:

$$g_2 = \frac{P_v}{F} = \frac{a.k.d.v^2}{16.F.1000}; \quad [kg / m.mm^2] \quad (4.3)$$

3. Tỉ tải tổng hợp:

$$g = \sqrt{g_1^2 + g_2^2} \quad (4.4)$$

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.12 .Phương trình và các thông số cơ bản của ĐD trên không

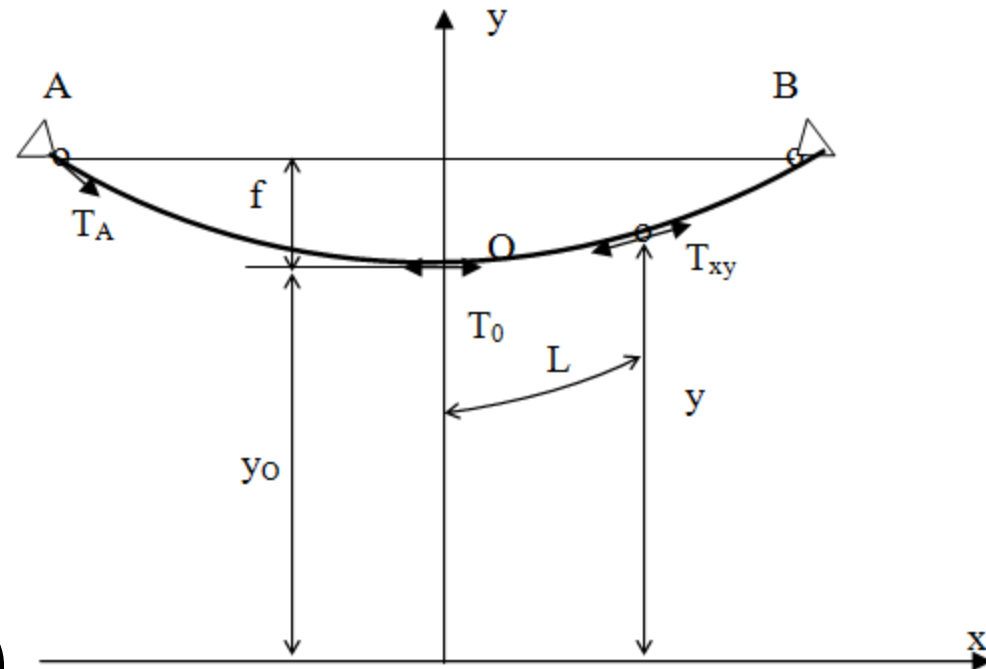
4.12.1 Dây dẫn treo trên hai điểm cùng độ cao

1. Phương trình cơ bản

Dây dẫn được treo tự do tại hai điểm A và B có cùng độ cao như trên hình thì dây dẫn sẽ võng xuống mà điểm thấp nhất điểm O sẽ là chính giữa. Kẻ một trục tọa độ có trục tung qua điểm O, trục hoành ngang là mặt đất vuông góc với trục tung.

Tại tọa độ (x,y) có tung độ cách mặt đất là y , cách trục tung là x chiều dài của đường dây tính từ điểm O là L_{xy} . Đường cong của đường dây có dạng dây xích, có phương trình biểu diễn:

$$\left. \begin{aligned} y_x &= y_o \cosh\left(\frac{x}{y_o}\right) \\ L_{xy} &= y_o \sinh\left(\frac{x}{y_o}\right) \end{aligned} \right\} \quad (4.5)$$



Hình 4.1

trong đó x_o và y_o là tọa độ của điểm O.

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.12 .Phương trình và các thông số cơ bản của ĐD trên không

Triển khai các các hàm hypebolic thành chuỗi

$$\cos h\gamma = 1 + \frac{\gamma^2}{2!} + \frac{\gamma^4}{4!} + \dots$$

$$\sin h\gamma = \gamma + \frac{\gamma^3}{3!} + \frac{\gamma^5}{5!} + \dots$$

Áp dụng cho (4.5)

$$\left. \begin{aligned} y_x &= y_o \cos h\left(\frac{x}{y_o}\right) = y_o \left[1 + \frac{x^2}{2! y_o^2} + \frac{x^4}{4! y_o^4} + \dots \right] \\ L_{xy} &= y_o \sin h\left(\frac{x}{y_o}\right) = y_o \left[\frac{x}{y_o} + \frac{x^3}{3! y_o^3} + \frac{x^5}{5! y_o^5} + \dots \right] \end{aligned} \right\} (4.6)$$

Tính gần đúng, bỏ qua các thành phần bậc cao, chỉ giữ lại hai phần tử đầu của chuỗi thì các phương trình của (4.6) sẽ là:

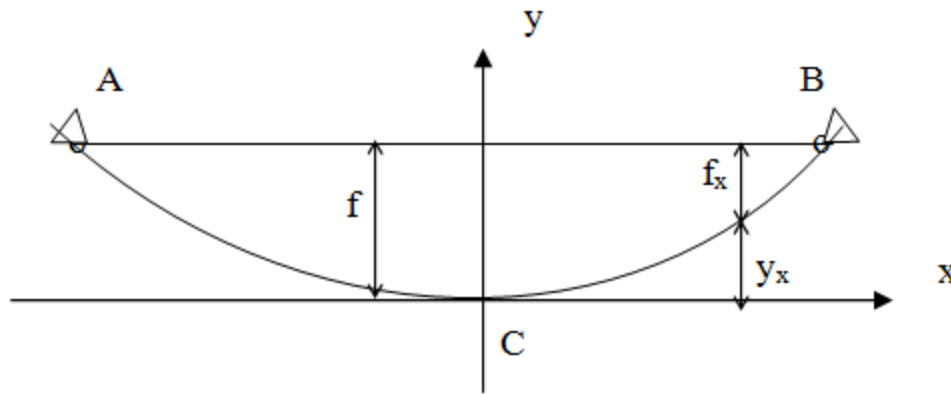
$$\left. \begin{aligned} y_x &\approx y_o + \frac{x^2}{2 y_o} \\ L_{xy} &\approx x + \frac{x^2}{6 y_o^2} \end{aligned} \right\} (4.6a)$$

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.12 .Phương trình và các thông số cơ bản của ĐD trên không

Từ (4.6a) ta thấy PT y_x của đường dây trở thành dạng parabol. Điều này càng rõ nét hơn nếu lấy trục hoành đi qua điểm dây thấp nhất và trục tung vẫn qua điểm giữa đường căng dây (hình), khi đó phương trình y_x :

$$y_x \approx \frac{x^2}{2y_0} \quad (4.7)$$



Hình 4.2

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.12 .Phương trình và các thông số cơ bản của ĐĐ trên không

2.Ứng suất, độ võng và chiều dài dây dẫn

a) Ứng suất

Dây dẫn bị võng xuống với giả thiết:

- Dây võng lý tưởng, nghĩa là không bị kéo căng;
- Trọng lượng dây dẫn phân bố đều dọc theo chiều dài dây;
- Tại tọa độ điểm bất kỳ (x,y) đều có một lực kéo T_{xy} tác động theo phương tiếp tuyến tại điểm đó (hình 4.1). Lực kéo đó chính bằng trọng lượng G_y của đoạn đường dây từ điểm đó qua ròng rọc lý tưởng (không có ma sát) đến trục hoành:

$$T_{xy} = g.F.y \quad (4.8)$$

trong đó: g - tỉ tải của dây dẫn; [kg/m.mm²]

y – khoảng cách từ điểm tọa độ (x,y) đến trục hoành; [m]

Sức căng tại điểm thấp nhất bằng: $T_o = g.F.y_o \quad (4.8a)$

Sức căng tại điểm treo dây A:

$$T_A = g.F.y_A = g.F.(y_o + f) = T_o + g.F.f \quad (4.8b)$$

Với f là độ võng của dây dẫn (xem hình 4.1)

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.12 .Phương trình và các thông số cơ bản của ĐD trên không

Ứng suất trong vật liệu dây dẫn bằng sức căng trên một đơn vị tiết diện dây dẫn. Vậy ta có:

$$\begin{aligned}\sigma_{xy} &= \frac{T_{xy}}{F}; \\ \sigma_o &= \frac{T_o}{F} = g \cdot y_o; \quad y_o = \frac{\sigma_o}{g} \\ \sigma_A &= \frac{T_A}{F} = g \cdot (y_o + f) = \sigma_o + g \cdot f\end{aligned} \quad (4.9)$$

trong đó $\sigma_{xy}, \sigma_o, \sigma_A$ là ứng suất dây dẫn tại các tọa độ (x,y) , điểm O và điểm A.

Từ công thức (4.8) ta thấy rằng ứng suất của dây dẫn tại điểm treo dây dẫn lớn hơn ứng suất tại điểm thấp nhất. Tại các đường dây có chiều dài khoảng vượt trung bình, thì sự khác nhau giữa và rất ít (khoảng 0,3%) nên có thể bỏ qua và lấy để tính toán. Nếu khoảng vượt lớn (trên 700m) thì phải dùng công thức tính đúng như đã nêu ở trên.

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.12 .Phương trình và các thông số cơ bản của ĐD trên không

b) Độ võng f

Từ phương trình (4.5) tại tọa độ treo dây điểm A (hình 4.1) với $x = \frac{l}{2}$, ta có $y_A = y_o \cdot \text{ch} \frac{l}{2y_o}$, mà $y_A = y_o + f$, suy ra:

$$f = y_A - y_o = y_o \left(\text{ch} \frac{l}{2y_o} - 1 \right) = \frac{\sigma_o}{g} \left(\text{ch} \frac{l \cdot g}{2\sigma_o} - 1 \right)$$

Triển khai hàm $\left(\text{ch} \frac{l \cdot g}{2\sigma_o} - 1 \right)$ thành chuỗi được:

$$\left(\text{ch} \frac{l \cdot g}{2\sigma_o} - 1 \right) = 1 + \frac{l^2 g^2}{2 \cdot 4 \sigma_o^2} + \frac{l^4 g^4}{4! \cdot 16 \sigma_o^4} + \dots - 1$$

$$\text{Khi đó độ võng } f \text{ sẽ là: } f = \frac{\sigma_o}{g} \left(\frac{l^2 g^2}{2 \cdot 4 \sigma_o^2} + \frac{l^4 g^4}{24 \cdot 16 \sigma_o^4} + \dots \right)$$

Giữ lại hai số hạng đầu của chuỗi ta được CT tính gần đúng độ võng như sau:

Với các khoảng vượt dưới 700m, độ võng được xác định gần đúng theo công thức (4.10) chỉ đạt sai số rất nhỏ (chừng từ 0,1% đến 0,3%).

$$f \approx \frac{l^2 g}{8 \sigma_o} \quad (4.10)$$

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.12 .Phương trình và các thông số cơ bản của ĐD trên không

c) Chiều dài dây dẫn L

Từ phương trình (4.5) tại tọa độ treo dây điểm A (hình 4.1) với $x = \frac{\ell}{2}$, ta có

$$L = 2y_A = 2y_0 \operatorname{sh} \frac{\ell}{2y_0} = 2 \frac{\sigma_0}{g} \operatorname{sh} \frac{\ell \cdot g}{2\sigma_0}$$

Triển khai hàm $\operatorname{sh} \frac{\ell \cdot g}{2\sigma_0}$ thành chuỗi được:

$$\operatorname{sh} \frac{\ell \cdot g}{2\sigma_0} = \frac{\ell g}{2\sigma_0} + \frac{\ell^3 g^3}{3! \cdot 8\sigma_0^3} + \frac{\ell^5 g^5}{5! \cdot 32\sigma_0^5} + \dots$$

Khi đó độ dài L:
$$L = 2 \frac{\sigma_0}{g} \left(\frac{\ell g}{2\sigma_0} + \frac{\ell^3 g^3}{3! \cdot 8\sigma_0^3} + \frac{\ell^5 g^5}{5! \cdot 32\sigma_0^5} + \dots \right)$$

Giữ lại hai số hạng đầu của chuỗi ta được CT tính gần đúng L như sau:

CT (4.10) và (4.11) là những CT cơ bản tính toán cơ khí của đường dây trên không. Cả hai CT đó đều có dạng phương trình parabol.

$$L \approx \ell + \frac{\ell^3 g^2}{24\sigma_0^2} = \ell + \frac{8f^2}{3\ell} \quad (4.11)$$

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.12 .Phương trình và các thông số cơ bản của ĐD trên không

4.12.2 Dây dẫn treo trên hai điểm không cùng độ cao

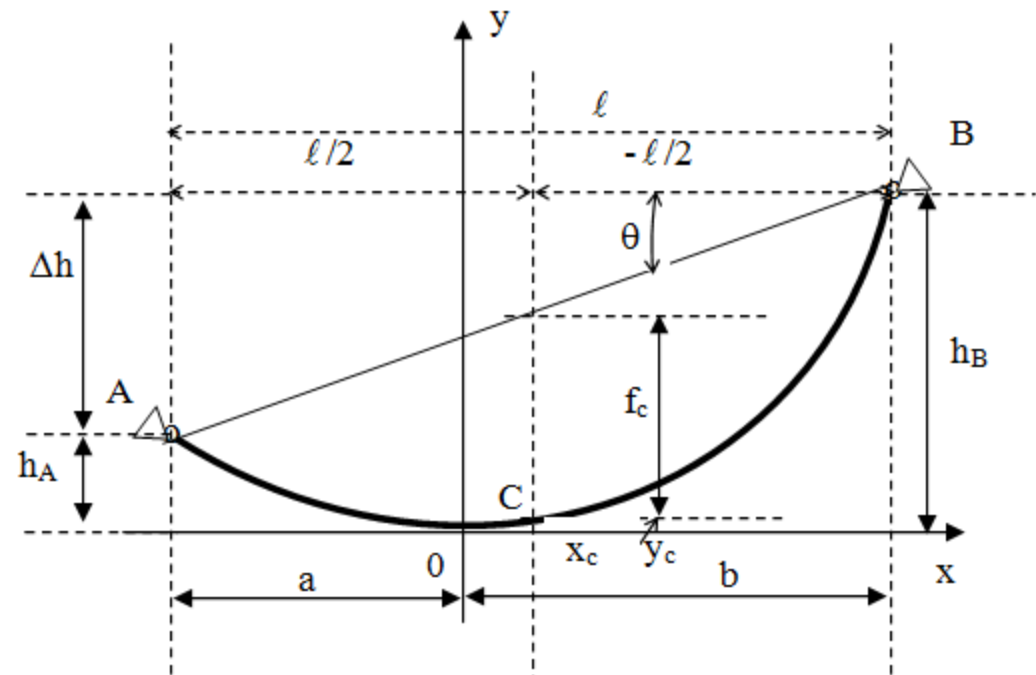
1.Độ võng

Ta viết lại phương trình (4.7) của trường hợp dây dẫn treo trên hai điểm có cùng độ cao, có xét đến (4.9) được:

$$y_x = \frac{g \cdot x^2}{2\sigma_0} \quad (4.12)$$

Đây là phương trình parabol có điểm thấp C trùng với điểm gốc tọa độ 0 (hình 4.2).

Khi hai điểm treo dây A và B không cùng độ cao, *Dây dẫn* vẫn tạo thành đường parabol duy nhất đi qua hai điểm treo dây A,B (hình 4.3). Tâm của trục tọa độ sẽ gần về phía điểm treo dây thấp hơn. PT (4.12) vẫn áp dụng được cho trường hợp này.



Hình 4.3

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.12 .Phương trình và các thông số cơ bản của ĐD trên không

4.12.2 Dây dẫn treo trên hai điểm không cùng độ cao

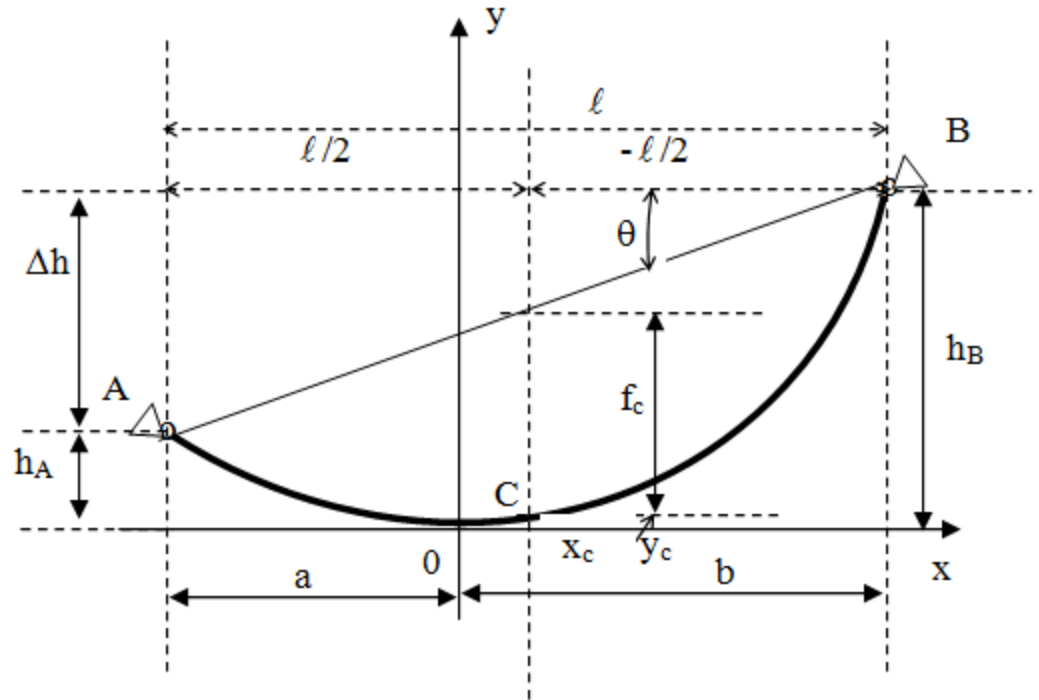
1.Độ võng

Ta viết lại phương trình (4.7) của trường hợp dây dẫn treo trên hai điểm có cùng độ cao, có xét đến (4.9) được:

$$y_x = \frac{g \cdot x^2}{2\sigma_0} \quad (4.12)$$

Đây là phương trình parabol có điểm thấp C trùng với điểm gốc tọa độ 0 (hình 4.2).

Khi hai điểm treo dây A và B không cùng độ cao, *Dây dẫn* vẫn tạo thành đường parabol duy nhất đi qua hai điểm treo dây A,B (hình 4.3). Tâm của trục tọa độ sẽ gần về phía điểm treo dây thấp hơn. PT (4.12) vẫn áp dụng được cho trường hợp này.



Hình 4.3

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.12 .Phương trình và các thông số cơ bản của ĐD trên không

4.12.2 Dây dẫn treo trên hai điểm không cùng độ cao

1. Độ võng

Từ hình 4.3 thay a và b vào 4.12 ta được: $h_A = \frac{g.a^2}{2\sigma_0}; h_B = \frac{g.b^2}{2\sigma_0}$ (4.13)
 h_A và h_B là độ cao của hai điểm treo dây.

Độ lệch giữa hai điểm treo dây: $\Delta h = h_B - h_A = \ell.tg\theta = \frac{g}{2\sigma_0}(b^2 - a^2)$

ở đây θ là góc tạo bởi đường thẳng AB với trục hoành; $\theta = \arctg \Delta h/\ell$

Thay $b = \ell - a$ vào phương trình trên ta được: $\Delta h = \frac{g}{2\sigma_0}(b^2 - a^2) = \frac{g}{2\sigma_0}\ell(\ell - 2a)$

Giải phương trình ta được:

$$\left. \begin{aligned} a &= \frac{1}{2} - \frac{\sigma_0 \cdot \Delta h}{g \cdot \ell} = \frac{1}{2} - \frac{T_0 \cdot \Delta h}{G \cdot \ell} \\ b &= \frac{1}{2} - \frac{\sigma_0 \cdot \Delta h}{g \cdot \ell} = \frac{1}{2} + \frac{T_0 \cdot \Delta h}{G \cdot \ell} \end{aligned} \right\} (4.14)$$

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

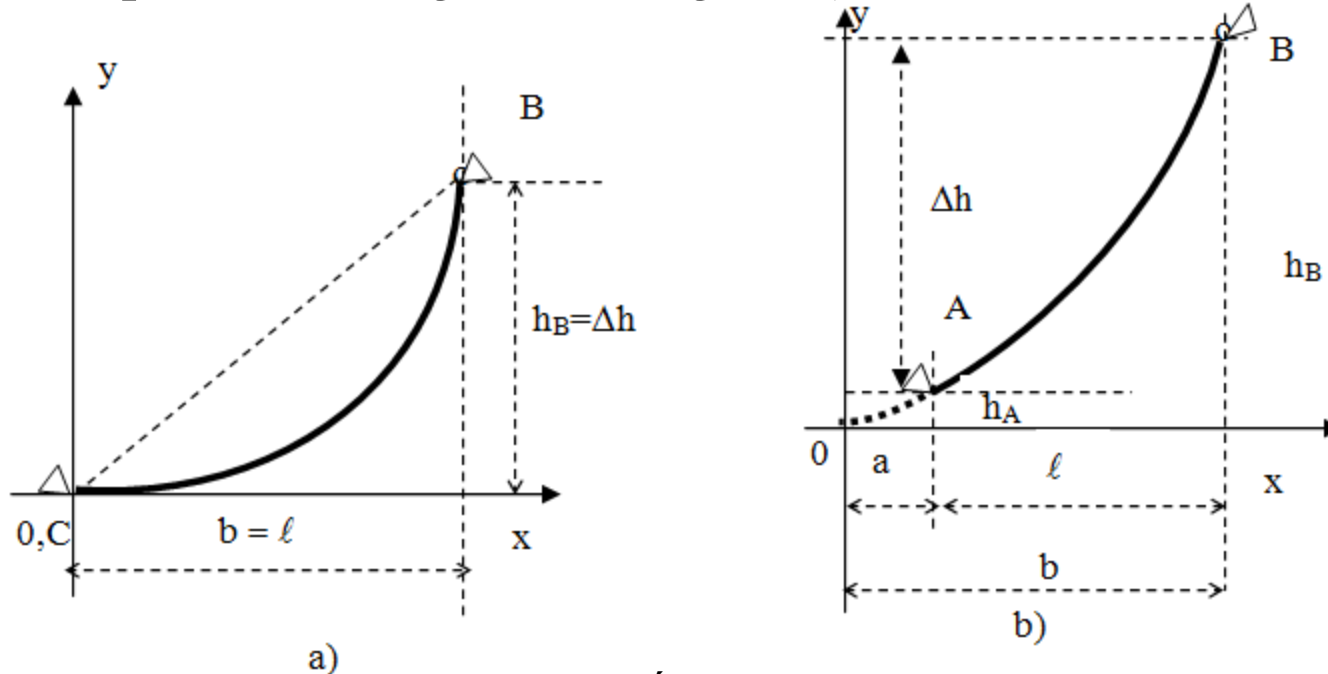
4.12 .Phương trình và các thông số cơ bản của ĐĐ trên không

4.12.2 Dây dẫn treo trên hai điểm không cùng độ cao

Tính được a,b ta xác định được hệ tọa độ của đường căng dây.

Có thể xảy ra ba trường hợp đối với điểm O, điểm thấp nhất của đường dây căng, đó là:

- Điểm thấp nhất nằm gần khoảng cột (hình 4.3): $a + b = \ell$; $\Delta h = h_B - h_A$
- Điểm thấp nhất trùng điểm treo dây (hình 4.4a): $b = \ell$; $h_A = 0$; $\Delta h = h_B$
- Điểm thấp nhất nằm ngoài khoảng cột (hình 4.4b): $b - a = \ell$; $\Delta h = h_B - h_A$



Hình 4.4 Một số trường hợp căng dây

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.12 .Phương trình và các thông số cơ bản của ĐD trên không

4.12.2 Dây dẫn treo trên hai điểm không cùng độ cao

Trường hợp hình 4.4b không có điểm thấp nhất trên thực tế (không tồn tại), đó chỉ là điểm giả tưởng.

Các phương trình (4.14) đúng cho mọi trường hợp. Nếu $h_A > h_B$ thì điểm thấp nhất gần B, do đó dấu của thành phần thứ hai trong (4.14) sẽ thay đổi và $a > b$.

Độ võng ở giữa khoảng cột f_C (hình 4.3) là $f_C = h_A - \frac{\Delta h}{2} - y_C$ (4.15)

y_C là độ cao của dây tại x_C

$$x_C = \frac{l}{2} - a = \frac{\sigma_o \cdot \Delta h}{g \cdot l} \quad (4.16)$$

Thay x_C vào (5.12) ta được:

$$y_C = \frac{\sigma_o}{2g} \left(\frac{\Delta h}{l} \right)^2 \quad (4.17)$$

Thay $b = \frac{l}{2} + x_C = \frac{l}{2} + \frac{\sigma_o \cdot \Delta h}{g \cdot l}$ vào (4.13) ta được:

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.12 .Phương trình và các thông số cơ bản của ĐD trên không

4.12.2 Dây dẫn treo trên hai điểm không cùng độ cao

$$h_A = \frac{\sigma_o}{2g} \left(\frac{l}{2} + \frac{\sigma_o \cdot \Delta h}{2g \cdot l} \right)^2 = \frac{\sigma_o}{2s} \left[\left(\frac{l}{2} \right)^2 + 2 \frac{l \cdot \sigma_o \cdot \Delta h}{g \cdot l} + \frac{\sigma_o^2 \cdot \Delta h^2}{g^2 \cdot l^2} \right]^2 = \frac{g \cdot l^2}{8\sigma_o} + \frac{\Delta h}{2} + \frac{\sigma_o \cdot \Delta h^2}{2g \cdot l^2} \quad (4.18)$$

Thay (4.16), (4.17) và (4.18) vào (4.15) ta được:

$$f_C = \frac{g \cdot l^2}{8\sigma_o} \quad (4.19)$$

Ta thấy độ võng ở điểm giữa khoảng cột f_C cũng tính giống như hai điểm treo dây ngang nhau.

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.12 .Phương trình và các thông số cơ bản của ĐĐ trên không

4.12.3 Phương trình trạng thái của dây dẫn

Đối với một dây dẫn treo lên hai cột với khoảng cột là ℓ , ở một điều kiện nào đó (t^0 , tốc độ gió,..) thì sẽ tồn tại các thông số ứng suất σ , độ võng f , độ dài đường dây L , tỷ tải g tương ứng. \rightarrow điều kiện làm việc thay đổi \rightarrow các thông số thay đổi theo. Người thiết kế phải tính toán lựa chọn sao cho :

- Trong mọi biến đổi của thời tiết ứng suất σ không được vượt quá giá trị σ_{cp} cho phép vì như vậy sẽ làm hỏng dây dẫn;
- Độ võng không được lớn quá, vì sẽ làm cho khoảng cách an toàn của dây bị vi phạm.

Giả thiết ở trạng thái m ta đã biết: nhiệt độ θ_m , dây dẫn có tỷ tải g_m , ứng suất thì độ dài của dây dẫn trong khoảng cột theo công thức (4.11) là :

$$L_m = \ell + \frac{\ell^3 \cdot g_m^2}{24\sigma_m^2} \quad (4.11)$$

Khi nhiệt độ thay đổi từ θ_m sang θ_n thì chiều dài dây dẫn sẽ thay đổi một lượng bằng:

$$\Delta L_1 = L_m \alpha (\theta_n - \theta_m)$$

α : hệ số giãn nở theo nhiệt độ của nguyên liệu cấu tạo dây dẫn, đơn vị là 1/độ.

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.12 .Phương trình và các thông số cơ bản của ĐĐ trên không

4.12.3 Phương trình trạng thái của dây dẫn

Tương ứng với trạng thái m sang n thì ứng suất dây dẫn thay đổi từ σ_m sang σ_n và do yếu tố này chiều dài cũng bị thay đổi thêm một lượng nữa:

$$\Delta L_2 = \frac{L_m}{E} (\sigma_n - \sigma_m)$$

E là môđun đàn hồi của dây dẫn, đơn vị là kg/mm² hay daN/mm².

Ở trạng thái n, chiều dài của dây dẫn trong khoảng cột theo công thức (4.11) là:

$$L_n = l + \frac{l^3 \cdot g_n^2}{24\sigma_n^2}$$

Độ dài L_n bằng tổng độ dài L_m cộng với các đoạn dài thêm ΔL_1 và ΔL_2 .

Vậy ta có :

$$l + \frac{l^3 \cdot g_n^2}{24\sigma_n^2} = l + \frac{l^3 \cdot g_m^2}{24\sigma_m^2} + L_m \cdot \alpha (\theta_n - \theta_m) + \frac{L_m}{E} (\sigma_n - \sigma_m)$$

Trong tính gần đúng $L_m \approx l$, tức là coi chiều dài của dây dẫn trong khoảng cột bằng chiều dài khoảng cột (ví dụ =400m, f=12 m thì L=400,96 m); khi đó có thể viết:

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.12 .Phương trình và các thông số cơ bản của ĐD trên không

4.12.3 Phương trình trạng thái của dây dẫn

$$\frac{\ell^3 \cdot g_n^2}{24\sigma_n^2} = \ell + \frac{\ell^3 \cdot g_m^2}{24\sigma_m^2} + \ell \cdot \alpha (\theta_n - \theta_m) + \frac{\ell}{E} (\sigma_n - \sigma_m)$$
$$\Leftrightarrow \frac{\ell^2 \cdot g_n^2}{24\sigma_n^2} = \frac{\ell^2 \cdot g_m^2}{24\sigma_m^2} + \alpha (\theta_n - \theta_m) + \frac{1}{E} (\sigma_n - \sigma_m)$$

Đặt $\beta = \frac{1}{E}$, gọi là hệ số kéo dài đàn hồi. Chia hai vế của phương trình trên cho β , đồng thời chuyển vế ta được:

$$\sigma_n - \frac{\ell^2 \cdot g_n^2}{24\beta\sigma_n^2} = \sigma_m - \frac{\ell^2 \cdot g_m^2}{24\beta\sigma_m^2} - \frac{\alpha}{\beta} (\theta_n - \theta_m) \quad (4.22a)$$

Phương trình (4.22a) gọi là PT trạng thái của dây dẫn. Đó là PT cơ bản quan trọng trong tính toán cơ khí dây dẫn. Với PT trên, khi biết các thông số ở trạng thái m là σ_m, g_m, θ_m thì có thể tính ra được σ_n trong điều kiện mới với các thông số g_n, θ_n

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.12 .Phương trình và các thông số cơ bản của ĐD trên không

4.12.3 Phương trình trạng thái của dây dẫn

Nếu hai điểm treo dây không cùng độ cao thì phương trình trạng thái sẽ là:

$$\sigma_n - \frac{\ell^2 \cdot g_n^2 \cos^2 \theta}{24 \beta \sigma_n^2} = \sigma_m - \frac{\ell^2 \cdot g_m^2 \cos^2 \theta}{24 \beta \sigma_m^2} - \frac{\alpha}{\beta} (\theta_n - \theta_m) \quad (4.22b)$$

trong đó $\theta = \arctg \Delta h / \ell$, điều kiện $\theta < 14^\circ$. Để giải phương trình (4.22a) ta đặt:

$$A = \sigma_m - \frac{\ell^2 \cdot g_m^2}{24 \beta \sigma_m^2} - \frac{\alpha}{\beta} (\theta_n - \theta_m); \quad B = \frac{\ell^2 \cdot g_n^2}{24 \beta}$$

Ta có phương trình bậc 3 của σ_n :

$$\sigma_n - \frac{B}{\sigma_n^2} = A \quad \text{hay} \quad \sigma_n^3 - A \sigma_n^2 - B = 0 \quad (4.23)$$

Phương trình này được giải bằng phương pháp gần đúng để tìm σ_n . Khi đã biết được ứng suất σ_n và tỷ tải θ_n thì dễ dàng tính được độ võng f_n của dây dẫn theo công thức (4.10) trong điều kiện khí hậu mới.

$$f_n = \frac{\ell^2 \cdot g_n}{8 \sigma_n}$$

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.12 .Phương trình và các thông số cơ bản của ĐĐ trên không

4.12. Tính toán với dây AC

Đối với dây AC, khi nhiệt độ thay đổi sự giãn nở chung phải là một, nhưng bên trong các sợi nhôm và thép xuất hiện lực tương tác giữa chúng với nhau. Thực tế ví dụ như nhiệt độ tăng thì phần nhôm giãn ra nhiều hơn, phần thép ít hơn, nhưng do chúng được bên chặt vào nhau do chế tạo nên phần thép bị phần nhôm kéo dài thêm, còn phần nhôm bị phần thép co ngắn lại, kết quả là chúng có cùng mức co giãn.

Như vậy cả hai phần đều chịu một ứng suất phụ do nhiệt độ gây ra, ứng suất này cộng với ứng suất do tải trọng cơ gây ra tạo thành ứng suất thực trong mỗi phần của dây.

Bài toán là đối với dây AC là phải xác định được các thông chung cho chúng: môđun đàn hồi E_0 , ứng suất giả tương σ_{gt} , hệ số giãn nở nhiệt đẳng trị α_0 , hệ số kéo dài đàn hồi đẳng trị β_0 . Sau đây sẽ phân tích việc xác định các thông số chung này.

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.12 .Phương trình và các thông số cơ bản của ĐĐ trên không

4.12.1 Môđun đàn hồi E_0 và ứng suất giả thiết σ_{gt}

Khi dây AC chịu lực kéo T , thì lực này được phân cho cả hai phần nhôm T_{AL} và thép T_{Fe} : $T = T_{AL} + T_{Fe}$. Khi đó ứng suất giả thiết sẽ là:

$$\sigma_{gt} = \frac{T}{F} = \frac{T}{F_{AL} + F_{Fe}} \quad (4.35)$$

trong đó F_{AL}, F_{Fe} là thiết diện phần nhôm và phần thép.

Khi thay đổi trạng thái, dây bị thay đổi độ dài và khi đó ta có:

$$\Delta l = \frac{\sigma_{gt}}{E_0} = \frac{\sigma_{AL}}{E_{AL}} = \frac{\sigma_{Fe}}{E_{Fe}} \quad (4.36)$$

$$\Rightarrow \left. \begin{array}{l} \sigma_{AL} = \sigma_{gt} \cdot \frac{E_{AL}}{E_0} \\ \sigma_{Fe} = \sigma_{gt} \cdot \frac{E_{Fe}}{E_0} \end{array} \right\} \text{ hay } \sigma_{gt} = \sigma_{AL} \cdot \frac{E_0}{E_{AL}} = \sigma_{Fe} \cdot \frac{E_0}{E_{Fe}} \quad (4.37)$$

Theo (4.35) ta có : $T = T_{AL} + T_{Fe}$, mà $T = \sigma \cdot F$ nên $\sigma_{gt} \cdot F = \sigma_{AL} \cdot F_{AL} + \sigma_{Fe} \cdot F_{Fe}$

Chia cả hai vế biểu thức trên cho Δl được:

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.12 .Phương trình và các thông số cơ bản của ĐD trên không

4.12.1 Môđun đàn hồi E_0 và ứng suất giả thiết σ_{gt}

$$\frac{\sigma_{gt}}{\Delta l} (F_{AL} + F_{Fe}) = \frac{\sigma_{AL}}{\Delta l} \cdot F_{AL} + \frac{\sigma_{Fe}}{\Delta l} \cdot F_{Fe}$$

mà $\frac{\sigma}{\Delta l} = E$, nên $E_0 (F_{AL} + F_{Fe}) = E_{AL} \cdot F_{AL} + E_{Fe} \cdot F_{Fe}$, rút ra :

$$E_0 = \frac{E_{AL} \cdot F_{AL} + E_{Fe} \cdot F_{Fe}}{(F_{AL} + F_{Fe})} = \frac{E_{AL} \cdot F_{AL}}{F_{Fe} \left(\frac{F_{AL}}{F_{Fe}} + 1 \right)} + \frac{E_{Fe} \cdot F_{Fe}}{F_{Fe} \left(\frac{F_{AL}}{F_{Fe}} + 1 \right)}$$

Đặt $a = \frac{E_{AL}}{F_{Fe}}$, ta có: $E_0 = \frac{a \cdot E_{AL} + E_{Fe}}{(1+a)}$ (4.38)

Công thức (4.38) cho phép tính môđun đàn hồi của toàn bộ dây AC, và nếu thay chúng vào (4.37) ta được:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{AL} &= \sigma_{gt} \frac{E_{AL}}{E_0} = \sigma_{gt} \frac{E_{AL}(1+a)}{E_{Fe} + aE_{AL}} \\ \sigma_{Fe} &= \sigma_{gt} \cdot \frac{E_{Fe}}{E_0} = \sigma_{gt} \frac{E_{FE}(1+a)}{E_{Fe} + aE_{AL}} \end{aligned} \right\} (4.39)$$

Công thức (4.39) cho phép tính ứng suất của Fe và Al theo ứng suất giả tưởng và ngược lại.

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

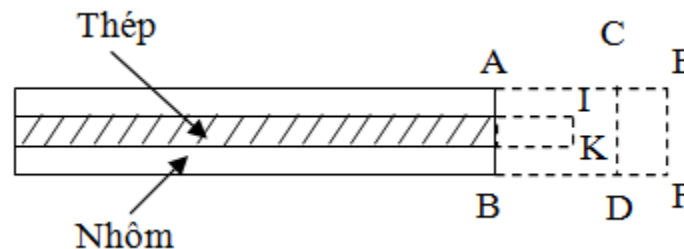
4.12 .Phương trình và các thông số cơ bản của ĐD trên không

4.12.1 Hệ số kéo dài đàn hồi đẳng trị β_0 và hệ số giãn nở nhiệt đẳng trị α_0

Hệ số kéo dài đàn hồi đẳng trị β_0 được xác định theo biểu thức:

$$\beta_0 = \frac{l}{E_0} = \frac{l+a}{aE_{AL} + E_{Fe}} \quad (4.40)$$

Hệ số giãn nở nhiệt đẳng trị α_0 cần được xây dựng công thức tính. Giả thiết các phần nhôm và thép được tự do giãn nở, không ảnh hưởng lẫn nhau. Lúc đầu, ở nhiệt độ bằng nhiệt độ lúc chế tạo, hai bộ phận nhôm và thép có độ dài bằng nhau (vạch AB trên hình). Khi nhiệt độ tăng lên thì phần nhôm giãn nở nhiều hơn phần thép, độ dài của phần nhôm sẽ chiếm vị trí mới là EF, còn thép thì giãn nở ít hơn và chiếm vị trí mới là IK. Trên thực tế phần nhôm và phần thép được gắn chặt với nhau, cho nên nhôm và thép cùng giãn nở và chiếm tới vị trí CD (nhôm bị nén lại từ EF tới CD, còn thép bị kéo dài thêm từ IK đến CD).



IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.12 .Phương trình và các thông số cơ bản của ĐD trên không

4.12.2 Hệ số kéo dài đàn hồi đẳng trị β_0 và hệ số giãn nở nhiệt đẳng trị α_0

Theo các mối liên hệ cơ bản các đại lượng $\sigma, T, \Delta l, E, \Delta \theta$ là $\sigma = \frac{T}{F}, \sigma = \Delta l \cdot E, \Delta l = \Delta \alpha \cdot \Delta \theta$ ta có $T = \sigma \cdot F = \Delta l \cdot E \cdot F = \Delta \alpha \cdot \Delta \theta \cdot E \cdot F$; Áp dụng biểu thức này cho từng phần cho dây AC ta được:

$$T_{Fe} = (\alpha_{Fe} - \alpha_0)(\theta - \theta_0) \cdot E_{Fe} \cdot F_{Fe}$$

$$T_{AL} = (\alpha_{AL} - \alpha_0)(\theta - \theta_0) \cdot E_{AL} \cdot F_{AL}$$

trong đó θ_0 là nhiệt độ ban đầu, còn θ là nhiệt độ tại trạng thái xem xét. Qui ước lực kéo có dấu cộng, còn lực nén có dấu trừ, thì ở đây lực T_{AL} có dấu cộng, còn lực T_{Fe} có dấu trừ. Theo luật cân bằng lực ta có thể viết:

$$T_{Fe} + T_{AL} = 0 \Rightarrow (\alpha_{Fe} - \alpha_0)(\theta - \theta_0) \cdot E_{Fe} \cdot F_{Fe} + (\alpha_{AL} - \alpha_0)(\theta - \theta_0) \cdot E_{AL} \cdot F_{AL} = 0$$

$$\Leftrightarrow (\alpha_{Fe} - \alpha_0) \cdot E_{Fe} \cdot F_{Fe} + (\alpha_{AL} - \alpha_0) \cdot E_{AL} \cdot F_{AL} = 0$$

$$\Leftrightarrow \alpha_{Fe} \cdot E_{Fe} \cdot -\alpha_0 \cdot E_{Fe} = -\alpha_{AL} \cdot E_{AL} \cdot \frac{F_{AL}}{F_{Fe}} + \alpha_0 \cdot E_{AL} \cdot \frac{F_{AL}}{F_{Fe}}$$

Đặt $a = \frac{F_{AL}}{F_{Fe}}$ và thay vào phương trình trên, giải ra ta được:

$$\alpha_0 = \frac{\alpha_{Fe} \cdot E_{Fe} + a \cdot \alpha_{AL} \cdot E_{AL}}{E_{Fe} + a \cdot E_{AL}} \quad (4.41)$$

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.12 .Phương trình và các thông số cơ bản của ĐĐ trên không

4.12.3 Phương trình trạng thái và tính toán cơ học đối với dây AC

Cũng giống như dây đơn chất, đối với dây AC ở những điều kiện khí hậu khác nhau thì ứng suất và độ võng cũng thay đổi khác nhau. Để xác định được các đại lượng này cho một trạng thái điều kiện khí hậu ta vẫn có thể sử dụng phương trình trạng thái cơ bản (4.22a) nhưng phải thay các thông số $\sigma_{gt}, E_o, \beta_o, \alpha_o$, cụ thể là:

$$\sigma_{gtn} - \frac{\ell^2 \cdot g_n^2}{24 \beta \sigma_{gtn}^2} = \sigma_{gtm} - \frac{\ell^2 \cdot g_m^2}{24 \beta \sigma_{gtm}^2} - \frac{\alpha_o}{\beta_o} (\theta_n - \theta_m) \quad (4.42)$$

Từ phương trình trạng thái (4.42) tùy theo trạng thái khí hậu xác định được ứng suất σ_{gt} theo phương pháp luận đã trình bày trước đây, và từ đó xác định được độ võng theo công thức quen thuộc .

$$f = \frac{\ell^2 \cdot g}{8 \sigma_{gt}}$$

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.12 .Phương trình và các thông số cơ bản của ĐĐ trên không

4.12.4 Chống rung dây dẫn

Sự xuất hiện thành phần dọc của áp lực gió làm cho dây chuyển động lên, sao đó có xung lực tác động liên tục theo chiều lên xuống. Nếu tần số xung lực đó gần bằng tần số dao động riêng của dây thì dây sẽ dao động mạnh và duy trì. Đó là hiện tượng rung của dây dẫn trong khoảng cột.

Tần số rung của dây tỷ lệ với tốc độ gió và phụ thuộc vào đường dây có thể được xác định theo biểu thức sau:

$$f_d = 200 \cdot \frac{v}{d}; [Hz] \quad (4.43)$$

trong đó : f_d - tần số riêng của dây dẫn; [Hz]

v - vận tốc gió; [m/s]

d - đường kính dây dẫn; mm

Sự rung của dây chỉ xảy ra khi hướng gió tạo với trục dây dẫn một góc chừng $\beta = 45^\circ \div 90^\circ$. Khi góc này trong khoảng $30^\circ \div 45^\circ$, sự rung không duy trì. Khi $\beta < 30^\circ$ thì không có hiện tượng rung.

IV. THIẾT KẾ ĐƯỜNG DÂY TRUYỀN TẢI

4.12 .Phương trình và các thông số cơ bản của ĐĐ trên không

4.12.4 Các biện pháp chống rung

Biện pháp chống rung có hiệu quả nhất và thường được áp dụng rộng rãi là dùng tạ chống rung (hình. Tạ chống rung gồm hai đối trọng (quả tạ) được nối với nhau bằng cán thép và được treo dây nhờ kẹp chuyên dụng. Khi có rung, thiết bị này sẽ triệt tiêu năng lượng dao động bởi ma sát giữa các sợi của cáp treo hai đối trọng.

Khoảng cách đặt tạ chống rung tính từ giữa vị trí đặt tạ (vị trí kẹp) và điểm treo dây dẫn được xác định theo công thức sau:

$$l_{ta} = 1,75 \sqrt{\sigma_{tb} \cdot \frac{F}{g_1}} \quad \text{hay} \quad l_{ta} = 0,0013d \sqrt{\sigma_{tb} \cdot \frac{F}{g_1}}$$

l_{ta} - khoảng cách đặt tạ; [mm]

σ_{tb} - ứng suất trong trạng thái nhiệt độ trung bình trong năm; [daN/mm²]

d - đường kính dây dẫn; [mm]

F - tiết diện dây dẫn; [mm²]

g_1 - tỷ tải do trọng lượng bản thân của dây dẫn; [daN/m.mm²]

