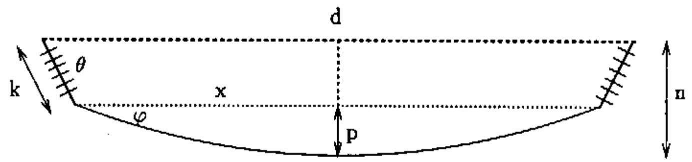
3 Højspændingskabler

En (del af en) højspændingsledning er opspændt mellem to master som angivet på tegningen. Ledningen hænger i isolatorer, som selv hænger i masterne. Isolatorerne antages at være ophængt i samme vandrette plan.



Figur 1: Geometri og notation for problemet med højspændingskabler

Materialekonstanterne er:

v	: Isolatorernes vægt.	$v = 120$ kg
k	: Isolatorernes længde.	$k = 2.5$ m
w	: Ledningens vægt pr. løbende meter (ustrakt).	$w = 4.0$ kg/m
α	: Ledningens elasticitetskoefficient.	$\alpha = 2 \cdot 10^{-7}$ kg^{-1}

De variable er (se tegningen):

d	: Afstanden mellem masterne.
L_0	: Ledningens længde i ustrakt tilstand.
L	: Ledningens længde i ophængt tilstand.
n	: Ledningens nedhæng fra isolatorernes ophængningspunkter.
p	: "Pilhøjden" i fagsprog. Ledningens nedhæng fra sine ophængningspunkter.
x	: Den halve afstand mellem ledningens ophængningspunkter.
θ	: Vinklen mellem isolator og vandret plan.
φ	: Vinklen, som ledningen i sit ophængningspunkt danner med vandret plan.
a	: Parametren i kædeligningen for ledningen.
H	: Trækkraften (snorspændingen) i ledningen.

Et typisk problem er: Givet d og n bestem den tilsvarende ledningslængde L_0.

Sammenhængen mellem ovenstående størrelser er givet ved følgende ligninger:

$$p = a\left(\cosh\frac{x}{a} - 1\right) \qquad \text{Kædeligningen} \tag{10}$$

$$L = 2a\sinh\frac{x}{a} \qquad \text{Buelængden} \tag{11}$$

$$d = 2x + 2k\cos\theta \tag{12}$$

$$n = p + k\sin\theta \tag{13}$$

$$\tan\varphi = \sinh\frac{x}{a} \qquad \text{Hældning i ledningens ophæng} \tag{14}$$

$$\tan\theta = \left(1 + \frac{v}{wL_0}\right)\tan\varphi \qquad \text{Ligevægt i ledningens ophæng} \tag{15}$$

$$L = L_0(1 + \alpha H) \tag{16}$$

$$H = \frac{wL_o}{2\sin\varphi} \qquad \text{Snorspændingen i ledningens ophæng} \tag{17}$$

Der er flere tilnærmelser i ovenstående ligninger: Snorspændingen er ikke konstant gennem ledningen, og kædeligningen er ikke eksakt opfyldt for en elastisk ledning. Fejlen fra disse tilnærmelser ignoreres.

H=5

(a) For $d = 30$ meter bestem L_0 for $n = 5.0, 2.0, 1.0, 0.5, 0.2, 0.1$ (meter). Skitsér L_0 som funktion af n. $a = 40$ og [illegible] er brugbare startgæt i de fleste tilfælde. De øvrige kan aflæses af tegningen.

(b) Ledningen brister, hvis trækkraften H overstiger en kritisk grænse H_b.

Bestem for $H_b = 8000$ kg og $d = 30$ m værdierne for L_0 og n svarende til brudgrænsen.

(c) Ledningen skal føres over en fjord. Afstanden mellem masterne er nu $d = 1000$ m, og isolatorernes ophængningspunkter er begge 100 m over vandoverfladen.

Find for samme brudgrænse som ovenfor den størst opnåelige afstand mellem vandoverfladen og ledningens laveste punkt.

(d) Beskriv en metode til bestemmelse af den størst opnåelige afstand mellem 2 master, når det antages, at der er plads til ubegrænset nedhæng.