

# KAPITEL 4

## BEREGNING AF ELEKTRISKE FELTER

Energinet.dk har et PC-program, som ud fra data om spændinger samt placeringer af fase- og jordtråde kan beregne det elektriske felt i forskellige afstande fra en højspændingsledning. Principperne for, hvordan feltet beregnes gennemgås herunder.

### Principper for beregning

For at kunne beregne det elektriske felt fra en højspændingsledning, skal man kende de elektriske ladninger på alle ledere (fase-, jord- og eventuelle skærmledere), og de skal beregnes ud fra de kendte spændinger på faselederne - jord- og skærmledere forudsættes at have jordpotentiale. Ud fra de elektriske ladninger beregnes det elektriske felt i vandret og lodret retning ved summation af bidragene fra de enkelte ledere, og endelig kan E-felt ellipsen bestemmes.

### Elektrisk ladning på lederne

Idet index F refererer til faseledere og index J til jord- og skærmledere gælder:

$$\begin{bmatrix} [Q_F] \\ [Q_J] \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} [P_{FF}] & [P_{FJ}] \\ [P_{JF}] & [P_{JJ}] \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} [U_F] \\ [0] \end{bmatrix}$$

Hvor Q er ladningen på lederne, U er spændingen og P er Maxwell potentialkoefficienter, som beregnes ud fra følgende formler:

$$P_{ii} = \frac{1}{(2\pi\epsilon)} \ln \frac{(4y_i)}{d_i}$$

$$P_{ii} = \frac{1}{(2\pi\epsilon)} \ln \frac{\sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i + y_j)^2}}{\sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}}$$

x, og y er koordinater for de enkelte ledere, og d er lederdiameteren. For multiple ledere regnes med en ækvivalent diameter:

$$d_{eq} = D * \sqrt[n]{\frac{nd_i}{D}}$$

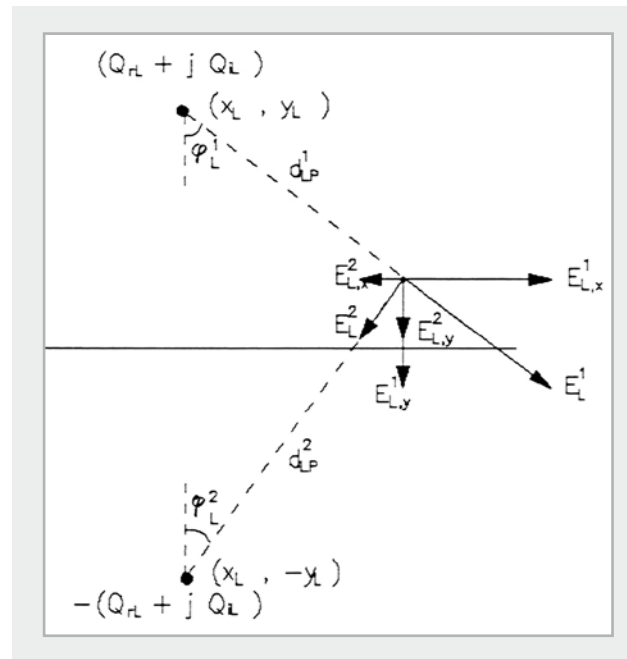
hvor n = antal delledere  
d = diameter for den enkelte delleder  
D = diameter for lederbundt

D kan beregnes ud fra afstanden mellem 2 naboledere:

$$D = \frac{\text{Lederafstand}}{\sin(180^\circ/n)}$$

### E-felt i vandret og lodret retning

Det elektriske felt fra en leder beregnes som summen af bidrag fra ladningen på lederen og fra spejlbilledet i jordoverfladen (modsat ladningspolaritet), idet jordoverfladen betragtes som en ækvipotentialflade.



Bidrag fra ladning på lederen:

$$E_L^1 = \frac{q_L}{2\pi\epsilon d_{LP}^1} = \frac{q_{rL} + j q_{iL}}{2\pi\epsilon d_{LP}^1}$$

$$E_{L,x}^1 = E_L^1 \cdot \sin(\varphi_L^1) = \frac{q_{rL} + j q_{iL}}{2\pi\epsilon} \cdot \frac{x_P - x_L}{(x_P - x_L)^2 + (y_P - y_L)^2}$$

$$E_{L,y}^1 = E_L^1 \cdot \cos(\varphi_L^1) = \frac{q_{rL} + j q_{iL}}{2\pi\epsilon} \cdot \frac{y_P - y_L}{(x_P - x_L)^2 + (y_P - y_L)^2}$$

Bidrag fra spejlbillede:

$$E_{L,x}^2 = \frac{-(q_{rL} + j q_{iL})}{2\pi\epsilon} \cdot \frac{x_P - x_L}{(x_P - x_L)^2 + (y_P + y_L)^2}$$

$$E_{L,y}^2 = \frac{-(q_{rL} + j q_{iL})}{2\pi\epsilon} \cdot \frac{y_P + y_L}{(x_P - x_L)^2 + (y_P + y_L)^2}$$

Det totale elektriske felt i vandret og lodret retning fås da ved summation af bidragene fra alle fase, jord og skærmledere:

$$E_x = E_{rx} + j E_{ix} = \sum_{m=1}^n (E_{m,x}^1 + E_{m,x}^2)$$

$$E_y = E_{ry} + j E_{iy} = \sum_{m=1}^n (E_{m,y}^1 + E_{m,y}^2)$$

Øjebliksværdien af det elektriske felt i et punkt varierer både i størrelse og retning, og følger en ellipse, som gennemløbes med netfrekvensen (svarer til magnetfelt, kapitel 10).