



A XV-a Conferință internațională – multidisciplinară
„Profesorul Dorin Pavel – fondatorul hidroenergeticii românești”
SEBEȘ, 2015

CALCULUL PIERDERILOR DE PUTERE DATORATE EFECTULUI CORONA

Nicoleta GILLICH

CASLCULUS OF ELECTRIC POWER LOSSES DUE TO CORONA EFFECT

The paper present the properly designed for Corona model required to produce reasonably close modelling of electric power losses on very high electric lines. Corona modelling has been approached by means of analogue physical or mathematical modelling is treated herewith.

Keywords: power losses, method, Corona, power lines

Cuvinte cheie: pierderi de putere, metodă, efect Corona, linii electrice

1. Introducere

Apariția efectul Corona, conduce la creșterea capacității liniei (16-20 %) și îndeosebi a pierderilor care cresc semnificativ în comparație cu pierderile active în conductoare.

Reproducerea simultană pe modelul fizic atât a pierderilor active cât și a celor reactive fiind dificil de realizat, se consideră suficientă asigurarea coincidenței modelului cu originalul numai din punct de vedere al pierderilor active.

Pierderile la nivelul modelului, prin metoda propusă, se calculează analitic și se determină experimental, se reprezintă grafic și se compară cu graficul pierderilor reale transpuse la scara modelului. În

cazul unor diferențe semnificative se repetă procedeul cu noile valori ale capacității.

2. Considerații teoretice privind calculul pierderilor de putere datorate efectului Corona

Determinarea pierderilor prin efect Corona se efectuează cu ajutorul relației (1) fiind conceput un program de calcul pentru pierderile pe linia reală și cele transpuse la scara modelului pentru 25km de linie, aferente celor trei nivele de tensiune luate în considerare – 110-220 kV, 400 kV și 750 kV.

$$P = 520 \left(\frac{f}{50} \right)^{1-\alpha_P} \left(\frac{g_{kp}}{6,54} \right)^{2,38} \left(\frac{U_{\max}}{U_k} - 1 \right) \left(\frac{13,3}{r_m} \right)^{0,76} \text{ [kW/km]} \quad (1)$$

Pierderea de putere la nivelul modelului se calculează pornind de la expresia:

$$P = \frac{R}{T} \int_0^T i^2 dt \quad (2)$$

Curentul care trece prin rezistența modelului este $i_2(t)$ dat de relația:

$$i_2 = I_2 \sin(\omega t - \psi) - I_2' e^{-\frac{t}{RC_{k_2}}} \quad (3)$$

în care:

$$I_2 = \frac{\omega C_{k_2} U_{f\max}}{\sqrt{1 + \omega^2 R^2 C_{k_2}^2}} \quad (4)$$

$$I_2' = \frac{U_{f\max}(\omega RC_{k_2} - \sin \phi)}{(1 + \omega^2 R^2 C_{k_2}^2)R} \pm \frac{E - U_{C_0}}{R} \quad (5)$$

În consecință, după efectuarea unor calcule, calculul pierderilor P la nivelul modelului se va realiza utilizând relația :

$$P = \frac{R I_2^2}{2} + \frac{2R I_2 I_2' RC_{k_2}}{T} \cos \phi \left(1 - e^{-\frac{T}{RC_{k_2}}} \right) + \frac{R I_2'^2}{2} \cdot \frac{RC_{k_2}}{T} \left(1 - e^{-\frac{2T}{RC_{k_2}}} \right) \quad (6)$$

Din calculele realizate pentru pierderile la nivelul modelelor, în cazul diferitelor linii de înaltă tensiune, a rezultat că valorile termenilor

doi și trei din membrul drept al relației (5) sunt foarte mici în comparație cu valoarea primului termen. În aceste condiții pentru determinarea pierderilor se poate utiliza cu aproximație acceptabilă formula:

$$P \cong \frac{R\omega^2 C_{k_2}^2 U_{fmax}^2}{2(1 + \omega^2 R^2 C_{k_2}^2)} \quad (7)$$

Reproducerea pe model a fenomenelor care au loc pe linia reală, în condițiile apariției fenomenului Corona stabilizat, presupune atât condiția identității dependenței pierderilor de frecvența tensiunii $P = F_1(f)$, cât și de factorul de supratensiune $P = F_2(U_{max}/U_k)$.

Pentru stabilirea criteriilor de alegere a parametrilor modelului, reprezentați în ultimă instanță de raportul C_{k1}/C_{k2} și constanta de timp T , pornim de la relațiile :

$$f T = \frac{\pi / 2\phi}{6\pi} ; \quad f T = \frac{\pi\phi}{6\pi} \quad (8)$$

Însă:

$$f T = f \frac{RC_{k_1}}{1 + C_{k_1} / C_{k_2}} = f \frac{\Delta C / g}{1 + C_{k_1} / C_{k_2}} \quad (9)$$

de unde rezultă următoarele relații de calcul ale raportului C_{k1}/C_{k2} :

$$1 + \frac{C_{k_1}}{C_{k_2}} = \frac{U_k}{U_{max}} \cdot \frac{3}{\pi / 2\phi} ; \quad 1 + \frac{C_{k_1}}{C_{k_2}} = \frac{U_k}{U_{max}} \cdot \frac{3}{\pi\phi} \quad (10)$$

Aceste expresii obținute pentru valoarea raportului C_{k1}/C_{k2} corelate cu relațiile (9), scot în evidență faptul foarte important din punct de vedere al modelării efectului Corona, că alegerea parametrilor schemei este independentă de frecvența oscilațiilor, motiv pentru care această alegere se va face pentru frecvența de 50 Hz.

3. Calculul pierderilor și rezultate experimentale

În conformitate cu relațiile (10), în tabelul 1 sunt prezentate rezultatele privind domeniul de variație a produsului fT în funcție de raportul U_{max}/U_k .

Se observă că valoarea acestuia crește odată cu creșterea factorului de supratensiune, tinzând spre o limită superioară, $fT = 1/12 =$

0,08333, respectiv $fT = 1/6 = 0,16666$ pentru valori mari ale factorului de supratensiune, când $v = 0$.

Se subliniază faptul că această valoare calculată este confirmată de rezultatele cercetărilor experimentale [3], care precizează că această limită superioară este de $fT = 0,083$.

Pe baza acesteia se poate concluziona că din punct de vedere al modelării caracteristicii $P = F_1(f)$, este de dorit ca valoarea de calcul a acestui parametru să se adopte apropiată de 0,10, pentru valoarea cea mai mică a frecvenței posibile a supratensiunii.

Tabelul 1

U_{\max} / U_k		1	1,25	1,5	2	3
v [rad]		1	0,9723	0,7341	0,5236	0,3398
FT	min	0,0303	0,03175	0,04439	0,0556	0,06531
	max	0,1136	0,1151	0,1278	0,1389	0,1491

În funcție de același factor de supratensiune U_{\max}/U_k s-au calculat valorile $1+C_{k1}/C_{k2}$, rezultatele fiind prezentate în tabelul 2, de unde se constată că raportul C_{k1}/C_{k2} variază în limite relativ restrânse, astfel încât pentru determinarea prealabilă a parametrilor modelului Corona, se poate adopta $C_{k1}/C_{k2} = 1$.

Tabelul 2

U_{\max} / U_k		1	1,25	1,5	2	3
v [rad]		1	0,9723	0,7341	0,5236	0,3398
FT	min	5,263	5,019	3,589	2,867	2,439
	max	1,4	1,384	1,247	1,147	1,071

Valorile R și C_{k1} , așa cum s-a precizat, sunt cele determinate anterior pentru $f = 50$ Hz, alegere care ia în considerare regimul cel mai defavorabil, adică apariția unui proces rezonant prelungit pe frecvența industrială.

Această alegere prezintă avantajul important al posibilității simple de măsurare a pierderilor Corona $P = F_2(U_{\max}/U_k)$ la frecvența industrială și recalcularea parametrilor C_{k1} și C_{k2} .

Modelul fizic este realizat pentru linii electrice aeriene cu nivelul tensiunii de 110-220 kV, 400 kV și 750 kV.

În cazul liniei de 400 kV, pentru exemplificare valorile pierderilor calculate și a celor determinate experimental sunt trecute în tabelul 3.

Tabelul 3

U_{\max}/U_k	R [k Ω]	$C_{k1} = C_{k2}$ [nF]	I_R [mA]	Pierderi P_{M25} [mW]	
				calc.	exp.
1,25	150	8	0,065	0,78	0,63
1,5	102	16	0,115	2,81	1,35
2	84	32	0,39	12,13	12,78

Dependența pierderilor calculate pentru model, a celor determinate experimental, cât și cea corespunzătoare pierderilor reale pe linie, transpuse la scara modelului sunt reprezentate în figura 1.

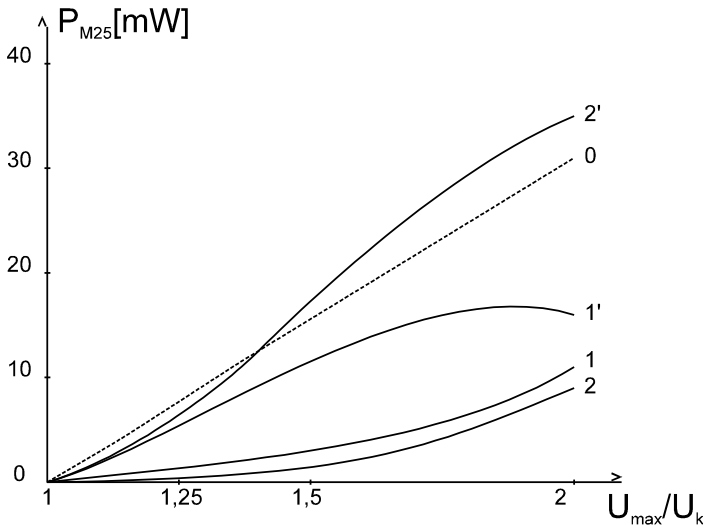


Fig. 1 Dependența pierderilor. Calculate analitic: inițial (1); cu noile capacități (1'). Determinate experimental: inițial (2); cu noile capacități (2').
Pe linia reală de 400 kV (0)

4. Concluzii

■ Modelul fizic este realizat pentru linii electrice aeriene cu nivelul tensiunii de 110-220 kV, 400 kV și 750 kV și permite modelarea efectului Corona, cu alegerea parametrilor schemei independent de frecvența oscilațiilor, motiv pentru care această alegere se poate face pentru frecvența industrială de 50 Hz.

■ Utilizarea mediului Mathcad pentru efectuarea cu precizie a calculelor a permis analiza comparativă a pierderilor de putere determinate teoretic cu cele date experimental și implicit validarea modelului propus.

BIBLIOGRAFIE

[1] Drăgan, G., *Supratensiuni atmosferice în instalații electroenergetice*, Editura Academiei Române, 1992.

[2] Gillich, N., *Aplicații ale modelării fizice în electroenergetică*, Editura Eftimie Murgu, Reșița, 1998.

[3] Dmohovskaia, L.F., *Inginermeie rasciotî vnutrenih perenaprajonii velectroperedaceh*, Moscva, 1972.

Prof.Univ.Dr.Ing. Nicoleta GILLICH
Universitatea „Eftimie Murgu” din Reșița,
membru AGIR
e-mail: n.gillich@uem.ro