

Enzo Rizzi (rizzi)

LINEE DI TRASPORTO ED INTERCONNESSIONE A.T. (PROGETTO CON EXCEL)

8 December 2010

Sommario

Il processo di dimensionamento impiegato è quello alla **perdita di potenza ammissibile**, la sezione che realizza la condizione viene indicata come minima, il programma calcola tutte le perdite del sistema, perdite per effetto joule, perdite di potenza negli isolatori della linea e perdite per effetto corona; l'operatore giocando sui dati di ingresso cercherà di ridurre od eliminare le perdite per effetto corona, se ciò non risulta possibile si deve aumentare il diametro dei conduttori, modificare i materiali utilizzati per il trasporto, frazionare i conduttori in due o più parti per ogni fase.

Come si procede

Scelta della tipologia dei materiali conduttori, rame, aldrey, alluminio-acciaio, stabilito il valore della sovratemperatura massima per i conduttori a regime, si introducono gli elementi di ingresso che definiscono il sistema, potenza da trasportare, lunghezza da superare, il livello di tensione a cui si intende lavorare, viene indicato dal programma e l'operatore sceglie il valore tra quelli commerciali.

CALCOLO DELLA SEZIONE DI UNA LINEA AEREA CON IL CRITERIO DELLA $\Delta P\%$ AMMISSIBILE (RETI IN AT)						
Dalle caratteristiche del conduttore:			materiali conduttori			
			Aldrey			
	ρ_0	0,03000	Aldrey	3,00E-02	1,64E-02	2,63E-02
	α	0,00400		4,00E-03	4,25E-03	4,00E-03
	Kc	1,08000		1,08	1,08	1,08
				Aldrey	Rame	Alluminio
e dalla temperatura di lavoro della linea:			Minimo Max			
	θ_l	55	Minimo	55	70	

Linee_01.JPG

Distanza tra i conduttori, dipende dal valore della tensione utilizzato, nelle caselle che riportano un triangolino rosso in alto sulla destra compaiono le indicazioni sul valore che conviene utilizzare.

	si calcola:					
	res.Ald =	0,03660	$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$	resistività alla temperatura di lavoro		
	Conoscendo e calcolando:					
P		50	MW	V =	130,38	kV
L		100	km	valori: 66 - 132 - 220 - 380 kV		
V		132	kV	D =	5	m
$\Delta P\%$		15	%	I =	243,28	A
$\cos \varphi$		0,9		$\sin \varphi$	0,44	
φ		25,86	gradi			

linee_02.JPG

La sezione minima del conduttore in grado di verificare il valore della $\Delta P\%$:					
Sezioni per Rame ed Aldrey			Sezione per Alluminio + Acciaio		
S =	86	mm ²	S =	86	mm ²
Sc =	95	mm ²	Sc =	90	mm ²
Sezione commerciale disponibile in mm ²					
oltre 240 stesso valore sezione teorica					
d =	11,00	mm	d =	13,32	mm
Vcrit. =	92,08	Tensione critica per effetto corona		108,36	kV
Pcorona =	951,64	Potenza persa nei tre conduttori		367,28	kW
Se ci sono perdite per effetto corona, passare alla conduttura Alluminio + Acciaio, oppure dividere la conduttura in Rame e Aldrey in elementi in parallelo, due o tre, oppure aumentare il diametro					
Il diametro minimo del conduttore per evitare l'effetto corona è:					
d =	11,00	mm	d =	16,82	mm
Sc =	95,00	mm ²	Sc =	222,09	mm ²
Vcrit. =	92,08	kV		132,01	kV
Pcorona =	951,64	kW		0,00	kW
Pisolatori	300	Potenza persa sugli isolatori		300	kW
ΔP_j	6840,59	Potenza persa per effetto Joule		2926,14	kW
Ptotale =	8092,23	Potenza totale persa nel sistema		3226,14	kW
					legenda
Ricalcolo della $\Delta P\%$ effettiva, impiegando S commerciale					Input
$\Delta P\%_{\text{eff}}$	16,184	%	$\Delta P\%_{\text{eff}}$	6,452	Formule
Rendimento complessivo del sistema di trasporto energia					Ris finale
η	0,925		η	0,969	Val comm
					Attenzione

linee_03.JPG

Verifica alla sovratemperatura dei conduttori utilizzati La verifica viene condotta utilizzando la relazione di equilibrio termico tra energia prodotta per effetto Joule ed energia trasmessa all'ambiente circostante il conduttore, vengono proposte anche le formule inverse, per un'analisi completa del fenomeno.

Portata conduttori nudi per linee elettriche aeree, funzione dei materiali, della sezione commerciale Sc e del salto di temperatura									
La portata Iz dipende dai seguenti fattori, salto di temperatura massima ammissibile, diametro e materiale utilizzato come conduttore									
Dati da introdurre e modificare					Formula per il calcolo				
Salto di temperatura massima ammissibile	$\Theta\Delta =$	25,00	°K o °C	25	$I = 1,571 * \sqrt{\frac{\lambda * \Theta\Delta * d^3}{\rho}}$				
				30					
Temperatura ambiente, modificabile	$\Theta A =$	40	°C			Iz cu = 146 A	Portata del conduttore in Rame		
Sezione nominale del conduttore	Sn =	70	mm²			Iz Al = 116 A	Portata del conduttore in Alluminio e in Aldrey		
	d =	9,44	mm						
scelta tra i valori commerciali: 6,3-7-8-10-12,5-16-20 a filo unico 25-35-50-70-95-120-150-185 a corda in rame crudo									
Coefficiente di trasmissione globale per convezione e irraggiamento	λ	15	W/m² * °K			Potenza trasportata limite per conduttori in rame	P =	30,00	
						Potenza trasportata limite per conduttori in alluminio	P =	24,00	
Costante numerica da non modificare	c =	1,571				La potenza effettiva viene considerata del 30% inferiore rispetto a questi valori			
						Potenza effettiva trasportata per conduttori in rame	P =	21,00	
						Potenza effettiva trasportata per conduttori in alluminio	P =	17,00	
Andamento qualitativo della portata dei conduttori nudi in rame e in alluminio in funzione della sezione, vale per reti alimentate con qualsiasi tensione, la densità di corrente varia tra un massimo di 5 e un minimo di 2 A/mm²									

linee_06.JPG

Determinazione della sezione di un conduttore aereo in Cu, in base al criterio della massima sovratemperatura ammissibile

La temperatura ambiente viene assunta convenzionalmente pari a 40 °C, il salto di temperatura massimo consentito non supera i 30 °C

Dati da introdurre e modificare

					Formula per calcolo
Sovratemperatura di impiego massima	$\Theta\Delta =$	25	°K o °C	25 30	$d = \sqrt[3]{\frac{4 * \rho * I^2}{\pi^2 * \lambda * \Theta\Delta}}$
Corrente d'impiego del conduttore aereo	$I_b =$	191	A	Diametro : 11,304 mm	
				Sezione : 101 mm ²	Sezione teorica conduttore in Cu
Coefficiente globale di trasmissione del calore	λ	15	W/m ² * °K	Sezione : 120 mm ²	Sezione commerciale del conduttore
Costante numerica da non modificare	$c =$	0,066773			

Determinazione della sovratemperatura di un conduttore aereo in Cu, in base al valore della corrente e del suo diametro

La temperatura ambiente viene assunta convenzionalmente pari a 40 °C, il salto di temperatura massimo consentito non supera i 30 °C

Dati da introdurre e modificare

					Formula per calcolo
Diametro del conduttore	$d =$	13,30	mm		$\Theta\Delta = \frac{4 * \rho * I^2}{\lambda * \pi^2 * d^3}$
Corrente d'impiego del conduttore aereo	$I_b =$	292	A	$\Theta\Delta =$ 38,45 °K	Valore massimo 25 - 30 °K per linee in Cu
				Sezione : 139 mm ²	Se la casella si colora di rosso, si supera il valore consentito
Coefficiente globale di trasmissione del calore	λ	14	W/m ² * °K	Sezione : 150 mm ²	Sezione teorica conduttore in Cu
					Sezione commerciale del conduttore
Costante numerica da non modificare	$c =$	0,4056			

linee_07.JPG

Modelli matematici

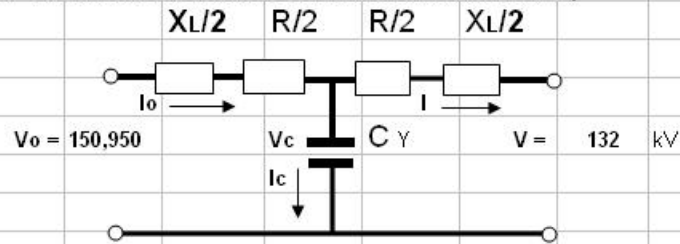
per l'analisi del comportamento della rete di trasporto energia.

modelli a T e a Π (pi greco)

Dagli elementi utilizzati nel processo di dimensionamento si ricavano i valori di resistenza, reattanza e capacità. Partendo dagli elementi di uscita del quadripolo, a seconda del modello considerato, si risale ai valori di ingresso, mediante analisi vettoriale.

CALCOLO DELLA VARIAZIONE DELLA TENSIONE E DELLA CORRENTE TRA INGRESSO E USCITA, DEL QUADRIPOLO CON MODELLO EQUIVALENTE A T

Nota: Calcoli riferiti alla soluzione con conduttori in Rame o Aldrey



Determinazione dei parametri equivalenti del quadripolo con modello a T

d = 11,00 mm

SC = 95,00 mm²

D = 5 m

R = 41,608 Ω

XL = 44,799 Ω

XC = 3904,75 Ω

CY = 0,8156 nF

Vc = 144,065 kV

cos φ' = 0,886

φ' = 27,699 gradi

sen φ' = 0,465

Ic = 21,327 A

I0 = 234,135 A

cos φ'' = 0,920

φ'' = 23,070 gradi

sen φ'' = 0,392

Vo = 150,950 kV

φo = 24,919 gradi

ΔV = 18949,9 V

variazione della tensione

ΔV% = 14,356 %

variazione percentuale

V iniz. = 150949,9 V

tensione di ingresso per ottenere in uscita la tensione voluta

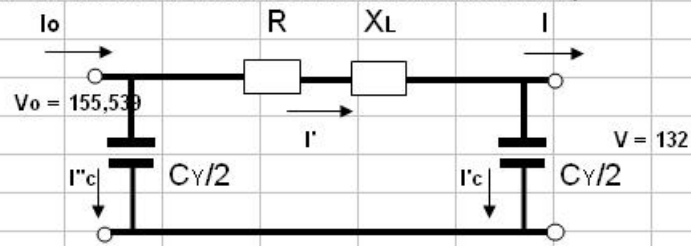
ΔI = 9,146 A

variazione della corrente

linee_04.JPG

CALCOLO DELLA VARIAZIONE DELLA TENSIONE E DELLA CORRENTE TRA INGRESSO E USCITA, DEL QUADRIPOLO CON MODELLO EQUIVALENTE A PI GRECO

Nota: Calcoli riferiti alla soluzione con conduttori in Rame o Aldey



Determinazione dei parametri equivalenti del quadripolo con modello a pi greco

$d = 11,00$ mm

$SC = 95,00$ mm²

$D = 5$ m

$R = 41,608$ Ω

$X_L = 44,799$ Ω

$X_C = 3904,75$ Ω

$C_Y = 0,8156$ μF

$I_{c'} = 9,770$ A

$I' = 239,184$ A

$\cos \varphi' = 0,916$

$\varphi' = 23,698$ gradi

$\sin \varphi' = 0,402$

$V_0 = 155,539$ kV

$\cos \varphi'' = 0,888$

$\varphi'' = 27,408$ gradi

$\sin \varphi'' = 0,460$

$I_{c''} = 11,513$ A

$I_0 = 234,110$ A

$\varphi_0 = 24,892$ gradi

$\Delta V = 23539,2$ V

variazione della tensione

$\Delta V\% = 17,833$ %

variazione percentuale

$V_{iniz.} = 155539,2$ V

tensione di ingresso per ottenere
in uscita la tensione voluta

$\Delta I = 9,171$ A

variazione della corrente

linee_05.JPG

Conclusioni

L'obiettivo era quello di definire le caratteristiche del sistema di trasporto minimizzando le perdite per effetto corona, senza penalizzare dal punto di vista dei costi la realizzazione dell'impianto.

Come si può verificare i valori della tensione e della corrente riferite all'ingresso dei due quadripoli hanno valori numerici leggermente diversi, questo dimostra che l'analisi elettromatematica condotta sfruttando modelli, comporta errori rispetto al reale comportamento del sistema.

Considerazioni

sul lavoro presentato e sulla sua utilizzazione in campo progettuale e didattico

Il programma è stato opportunamente testato, sia come risultato numerico che come possibile integrazione al normale lavoro dell'insegnante nella presentazione dell'unità didattica in argomento.

La presentazione del progetto da parte dell'insegnante conclude lo sviluppo teorico e l'applicazione numerica relativa, integrando e chiarendo l'aspetto della dipendenza del risultato dai dati d'ingresso (variabili) del problema affrontato, poiché si può modificare a piacere gli elementi numerici e le scelte progettuali.

Gli allievi che, sotto attenta guida dell'insegnante hanno utilizzato il programma hanno dimostrato di apprezzarne i contenuti e di saperne fare buon uso per risolvere i vari problemi che s'incontrano nella normale realizzazione progettuale nel settore degli impianti e della automazione industriali ed in quelli della produzione, trasporto e distribuzione dell'energia elettrica.

In ogni caso ogni proposta che consentirà al sottoscritto e ai suoi studenti di migliorarne il contenuto, sarà gradita e presa in seria considerazione anche in previsione di nuove realizzazioni nello stesso settore.

Il lavoro può presentare errori, imprecisioni e lacune, il sottoscritto non si assume responsabilità, che non siano quelle derivate da utilizzazione esclusivamente didattica e mette in guardia chi non conoscendo a fondo le problematiche progettuali nel settore elettrico, faccia uso improprio dei risultati ottenuti.

Download

[Dimensionamenti linee in A.T.](#)

Estratto da "<http://www.electroyou.it/mediawiki/index.php?title=UsersPages:Rizzi:progetto-per-linee-di-trasporto-ed-interconnessione-gestite-in-alta-tensione-excel>"