

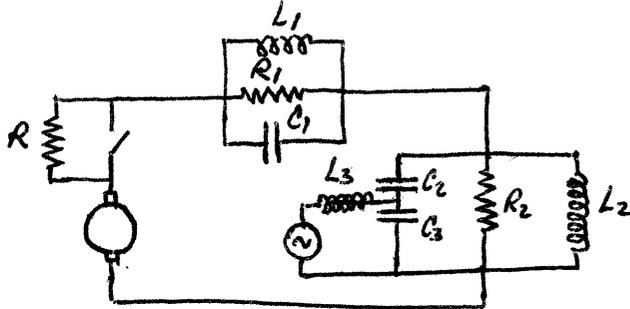
Laboratori Nazionali di Frascati

LNF-55/41 (30. 10. 55)

R. Marenesi: CONSIDERAZIONI SULLE CONSEGUENZE DELLA INTERRUZIONE DELLA CORRENTE CONTINUA NEL CIRCUITO DI ALIMENTAZIONE.

CONSIDERAZIONI SULLE CONSEGUENZE DELL'IN-
TERRUZIONE DELLA CORRENTE CONTINUA NEL CIR-
CUITO DI ALIMENTAZIONE. =

Si schematizzi il circuito come in fig.1



$$L_1 = 54 \text{ mH}$$

$$L_2 = 18 \text{ mH}$$

$$C_1 = 1200 \mu\text{F}$$

$$C_{eq} = \frac{C_2 C_3}{C_2 + C_3} = 3600 \mu\text{F}$$

$$C_2 = 4.500 \mu\text{F}$$

$$C_3 = 18.000 \mu\text{F}$$

I_{cn} = corrente continua nominale

I_{an} = " alternata massima nominale

V_{cn} = tensione continua nominale

V_{an} = " alternata massima nominale

V_{cn} dinamo = 100 V

V_{an} alternatore = 1.150 V

$V_{anL1} = V_{anL2} = 6.800 \text{ V}$

I_{cn} dinamo = $I_{cnL1} = I_{cnL2} = 2.400 \text{ A}$

I_{an} alternatore = 440 A

$I_{anL1} = 1000 \text{ A}$

$I_{anL2} = 3000 \text{ A}$

Perdite in corrente alternata $L_1 = 50 \text{ kW}$

" " " " $L_2 = 100 \text{ kW}$

" " " " $C_1 = 10 \text{ kW}$

" " " " $C_{eq} = 30 \text{ kW}$

R_1 = resistenza equivalente per le perdite in alternata di L_1 e C_1
 R_2 = " " " " " " " " " L_2 e C_{eq}
 R_1 = 385 ohm
 R_2 = 176 ohm

I^a ipotesi.-

Si ponga : $R = R_1 = R_2 = \infty$; $L_3 = \infty$

L'interruzione avvenga a gradino; La corrente che circolava nell'interruttore deve commutarsi su C_1 , rimanendo inizialmente costante in L_1 . Nasce così una oscillazione di tensione e corrente, che si sovrappone a quella permanente già esistente, con una corrente che inizia dal valore massimo uguale alla I_{cn} ed una tensione che parte da zero. Dopo un quarto del periodo naturale di ~~12~~ ω ventesimo di secondo, e cioè dopo 12,5 ms, la tensione ai capi di C_1 ed L_1 assume un valore massimo che, dato il rapporto tra le correnti I_{cn} ed I_{an} , è 2,4 volte la V_{an} . Questa tensione si somma a quella alternata normale con una fase dipendente dall'istante di apertura. Nella più sfortunata delle ipotesi si avrà in totale :

$$V_{mass} = 3,4 V_{an} \text{ ai capi di } L_1 \text{ e } C_1$$

Con ragionamento del tutto analogo si ottiene :

$$V_{mass} = 1,8 V_{an} \text{ ai capi di } L_2 \text{ e } C_2$$

ed ancora :

$$V_{mass} = 1,8 V_{an} \text{ ai capi dell'alternatore}$$

La tensione ai capi dell'interruttore, nelle ipotesi ammesse, è:

$$V_{mass} = 3,2 V_{an} L_2 = 22.000 \text{ V ai capi dell'interruttore}$$

In realtà se si ammette R_1 ed R_2 grandissime, ma non infinite, dopo un tempo più o meno lungo le oscillazioni transitorie si smorzano e si ottiene :

$$V_{mass} = V_{an} L_2 = 6.800 \text{ V ai capi dell'interruttore}$$

Si conclude che, in questa prima ipotesi, si hanno delle sovratensioni inammissibili ai capi di ogni elemento del circuito. Si tenga presente che questi valori di tensione si raggiungono con andamento sinusoidale, dopo 12,5 ms dall'apertura dell'interruttore.

Si avrebbero altresì delle sovracorrenti nei condensatori e precisamente :

$$I_{\text{mass}} = 3,4 I_{\text{an}} \quad \text{in } C_1$$

$$I_{\text{mass}} = 1,8 I_{\text{an}} \quad \text{in } C_{\text{eq}}$$

Queste sovracorrenti si stabiliscono istantaneamente; ciò non è però da ritenere di per sé pericoloso.-

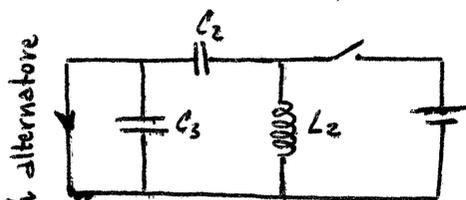
II^a ipotesi.-

Si ponga $R = R_1 = R_2 = \infty$; $L_3 = 0$

In questo caso il comportamento del circuito $L_1 C_1$ è identico al precedente, con uguali conseguenze di sovracorrente e sovratensione.

Diverso è invece il comportamento del circuito $L_2, C_2; C_3$ per la presenza dell'alternatore di induttanza nulla.

Il circuito equivalente per i fenomeni destinati dall'interruzione può essere quello di fig.2.



La corrente continua si commuta sulla capacità C_2 e sull'alternatore con essa in serie. La totale corrente continua percorre così l'avvolgimento dell'alternatore con inserzione a gradino. Sommando a questa la corrente nominale dell'al-

ternatore si avrebbe, nella peggiore delle ipotesi :

$$I_{\text{mass}} = 6,5 I_{\text{an}} \quad \text{nell'alternatore}$$

Si stabilisce una oscillazione ad una frequenza naturale determinata dai parametri L_2 e C_2 . Questa frequenza è di circa 18 p/s e dunque assai poco diversa dalla nominale.

La tensione, alla frequenza di 18 p/s, che si stabilisce ai capi di L_2 assume un valore massimo pari a 0,72 volte la tensione nominale. Si ha così :

$$V_{\text{mass}} = 1,72 V_{\text{an}} \quad \text{ai capi di } L_2$$

Ai capi dell'interruttore si avrebbe, nella peggiore delle ipotesi:

$$V_{\text{mass}} = 3,1 V_{\text{an}} L_2 = 21.000 \text{ V ai capi dell'interruttore}$$

./.

estinto il

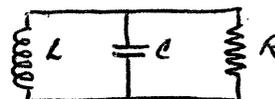
Come già detto, in realtà, ~~ai capi dell'interruttore~~ transitorio, si ha:

$$V_{\text{mass}} = V_{\text{anL}_2} = 6800 \text{ V ai capi dell'interruttore}$$

III^a Ipotesi

$$R_2 \text{ ed } R_1 \neq 0; \quad R = \infty$$

Si consideri un circuito come quello di fig.3



La soluzione più generale per la corrente in un ramo del circuito è

$$i = e^{-t/2RC} A \sin(\omega t + \alpha)$$

$$\text{dove } \omega = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{1}{4R^2C^2}}$$

La costante di tempo $T = 2RC$ vale :

$$\text{per il circuito } R_1, L_1, C_1 \quad T_1 = 2 \cdot 385 \cdot 1,2 \cdot 10^{-3} = 0,93 \text{ s}$$

$$\text{" " " } R_2, L_2, C_2 \quad T_2 = 2 \cdot 176 \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} = 1,25 \text{ s}$$

Essendo $T = 0,05 \text{ s}$ il periodo naturale di oscillazione dei due circuiti, gli smorzamenti dovuti alle resistenze proprie sono così modesti da far ritenere lecite per molti periodi le considerazioni svolte nell'ipotesi: $R_1 = R_2 = \infty$

Conclusioni.-

La inserzione di una resistenza R ai capi dell'interruttore è necessario per annullare la tensione alternata permanente di 6.800 Volt che altrimenti si stabilirebbe in ogni caso ai poli dell'interruttore aperto. Per ridurre efficacemente le sovracorrenti e le sovratensioni che potessero stabilirsi dopo 12,5 m/s dall'istante di apertura, ad R occorre assegnare un valore non maggiore di circa 1 ohm. Ciò si deduce da quanto esposto in III°. La corrente che percorre questa resistenza diviene non minore di 100 A e la potenza in essa dissipata non minore di 10 kW. Anche con tagli resistenza non potrebbero evitarsi quelle sovracorrenti o sovratensioni che avessero a stabilirsi istantaneamente. Si constata però che nessuna sovratensione può stabilirsi istantaneamente. Le sovracorrenti istantanee nei condensatori non debbono destare eccessive preoccupazioni. Una sovracorrente istantanea potrebbe stabilirsi nell'alternatore nella ipotesi II° ($L_3 = 0$). In realtà ciò non può verificarsi essendo certamente L_3 non trascurabile. Si può pensare che la sovracorrente nell'alternatore si stabilirà solo con andamento sinusoidale: in prima grossolana approssimazione dopo un quarto del periodo naturale del circuito L_3, C_3 .

./.

Da considerazioni assai incerte, data la difficoltà di fissare il valore di L_3 , si potrebbe pensare che la frequenza naturale del circuito L_3, C_3 sia anch'essa di un'ordine di grandezza non superiore ai 20 p/sec. In questa ipotesi una resistenza R non superiore ad 1 ohm potrebbe, con buona possibilità, evitare sovratensioni e sovracorrenti pericolose in tutto il circuito.

Non si vede però quali possano essere i motivi che consigliano l'uso dell'interruttore nel circuito principale a correnti continua, anzichè di un sezionatore in questo e di un interruttore nel circuito di eccitazione della dinamo.-

Si noti che è ~~con~~ opportuno che il sezionatore sia posto a valle del circuito R, C, L , ~~prima~~ e non a monte, per evitare che questo circuito resti inutilmente in tensione rispetto a massa

-----00000-----

30/10/55

R. Mariani