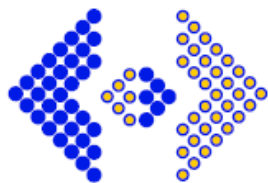




**Ordine degli Ingegneri
di Viterbo**



FederImprese



**CONFINDUSTRIA
VITERBO**



**Collegio dei Periti Industriali
di Viterbo**

“SPECIFICA TECNICA ENEL DK5600 E NEUTRO COMPENSATO”

Introduzione:

P.I. Giorgio Ricci

(Presidente Collegio dei Periti Industriali di Viterbo)

Saluto:

Dott. Luigi Todaro

(Segretario generale FEDERIMPRESE Viterbo)

Relatori:

Dott. Ing. Claudio Ciucciarelli

(Direttore Tecnico GALILEO Engineering)

P.I. Mauro Sarnataro

(ENEL)



BANCA DI VITERBO

Credito Cooperativo

Aquilanti[®]
al Servizio dei Professionisti

Analisi delle reti MT ed applicazione della Specifica Tecnica ENEL DK5600

Dott. Ing. Claudio Ciucciarelli



DK5600 Ed. V – giugno 2006

- **Caratteristiche dei locali per cabine di trasformazione**
- **Definizione caratteristiche tecniche apparecchiature utente**
- **Selettività delle protezioni**
- **Indennizzi automatici delib. AEEG 247/04**
- **Corrispettivo tariffario specifico delib. AEEG 247/04**

DK5600 Ed. V – giugno 2006

Art.2 - Applicazione

- Nuovi impianti e rifacimenti totali
- Subentri, voltture, variazioni (in casi particolari)
- Variazione dello stato del neutro (in casi particolari)

DK5600 Ed. V – giugno 2006

Art.5.3 – Potenza installabile

Trasformatori MT/BT $v_{cc\%}=6\%$ $I_{0i}=10 \cdot I_{1n}$

Max n°3 macchine

15 kV – 1,6 MVA

20 kV – 2 MVA

Oltre n°3 trasformatori, necessari dispositivi di
inserzione temporizzata $t=5$ s

DK5600 Ed. V – giugno 2006

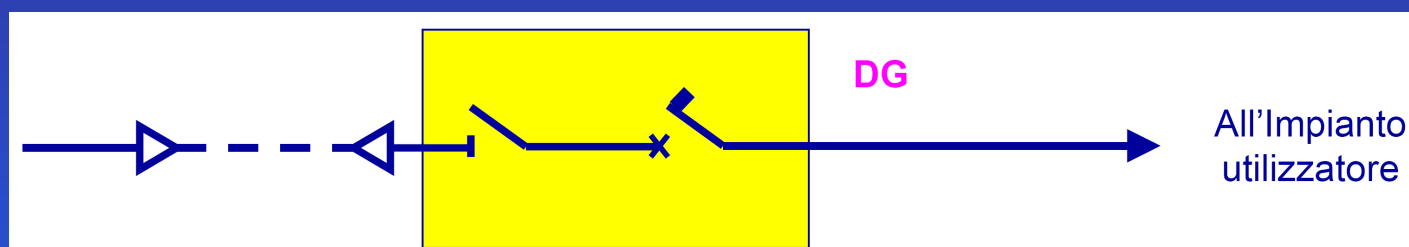
Art.6.2 – Impianto utilizzatore

- $V_{\max} = 24\text{kV}$ per apparecchiature MT
- $I_{\text{ccR}} \leq 12,5 \text{ kA}$ (lato ENEL)
- Trasformatori MT/BT gruppo Dyn11
- Cavo MT ENEL-Utente $S \geq 95 \text{ mm}^2$, $L_{\max} = 20 \text{ m}$

DK5600 Ed. V – giugno 2006

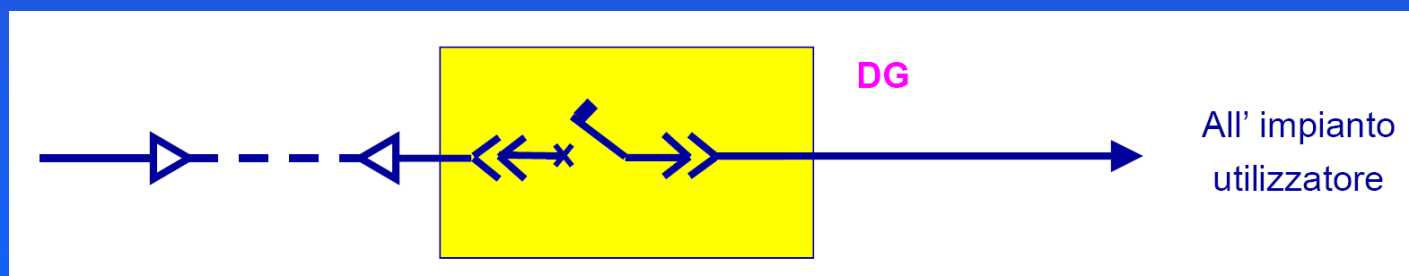
Art.6.2.1 – Dispositivo generale (DG)

Sezionatore a vuoto e interruttore fisso



oppure

Interruttore sezionabile



Interruttore sempre dotato di bobina di minima tensione

DK5600 Ed. V – giugno 2006

Art.6.2.2 – Protezione generale (PG)

- Selettività per corto circuito lato BT e guasto a terra lato MT
- Funzionamento con neutro isolato e con neutro compensato
- Relè alimentato da:
 - 2 TA di fase
 - 1 TA toroidale
 - 3 TV “a triangolo aperto” (eventuali)

DK5600 Ed. V – giugno 2006

Art.6.2.3 – Protezione generale (PG)

- Funzioni di protezione assicurate ANSI:
 - 50 – massima corrente bipolare non ritardata
 - 51 – massima corrente bipolare ritardata
 - 51N – massima corrente omopolare
 - 67N – direzionale di terra (eventuale)

Relè di protezione - TA - TAT - TV - omologati DK5600

DK5600 Ed. V – giugno 2006

Art.6.4 – Impianto di terra

- Impianto di terra unico secondo norma CEI 11-1
- Anello equipotenziale con 4 picchetti ai vertici
- Documentazione e prove:
 - **Coordinamento $R_T - I_g - t_i$**
 - **Dichiarazione di conformità L.46/90 e allegati**
 - **Verifiche periodiche con I_g aggiornata**
 - **Copia verifica DPR 462/01 ad ENEL**
 - **Verifica V_T e V_P (TPC) coordinata con ENEL**

DK5600 Ed. V – giugno 2006

Art.6.5 – Dich. di adeguatezza (delib. AEEG 247/04)

- Nuovo impianto rispondente a DK5600
- Altri adeguamenti previsti da delib. AEEG 247/04
- Redazione e documentazione da parte di:
 - **Impresa abilitata L.46/90 art.1a**
 - **Ufficio tecnico aziendale L.46/90 artt.3a/3b**
 - **Libero professionista iscritto elenchi C.C.I.A.A.**
- Allacciamento MT
- Indennizzi ed eliminazione CTS delib. AEEG 247/04

DK5600 Ed. V – giugno 2006

Art.8 – Documentazione

- Scambio preliminare di informazioni con ENEL
- Progettazione, costruzione e/o adeguamento
- Verifiche e tarature delle protezioni
- Scambio definitivo di documentazione con ENEL
- Allaccio MT

DK5600 Ed. V – giugno 2006

Allegato PG

Protezione

- ❑ $t_{base} \leq 50 \text{ ms}$ (attivazione protezione)
- ❑ $t_{interr} \approx 70 \text{ ms}$ (apertura interruttore)
- ❑ scatto mantenuto 150 ms

Comandi e segnalazioni

- ❑ Apertura e chiusura a comando mantenuto 150 ms
- ❑ Segnalazioni stato interruttore
- ❑ Segnalazione anomalia protezione
- ❑ Segnalazioni intervento protezione

DK5600 Ed. V – giugno 2006

Allegato PG

Alimentazioni

- ❑ **Bobina di minima tensione ritardo massimo 30 s**
- ❑ **Alimentazione tramite UPS (consigliato)**
- ❑ **Manutenzioni ordinarie e straordinarie**

DK5600 Ed. V – giugno 2006

Art.2 Quando eseguire gli adeguamenti

A) - DG con IMS e fusibili (Delib. AEEG 246/06)

AMMESSO (non obbligatorio adeguamento)

- $P < 400$ kVA
- $L < 20$ m
- manutenzione CEI 0-15

NON AMMESSO (obbligatorio adeguamento DG e PG)

- Passaggio NI – NC
- Altre situazioni impiantistiche

DK5600 Ed. V – giugno 2006

Art.2 Quando eseguire gli adeguamenti

B) - DG con interruttore VOR e relè diretti SA (delib. AEEG 246/06)

AMMESSO (non obbligatorio adeguamento)

- $P < 400$ kVA
- $L < 20$ m
- manutenzione CEI 0-15

NON AMMESSO (obbligatorio adeguamento PG)

- Passaggio NI – NC
- Altre situazioni impiantistiche

DK5600 Ed. V – giugno 2006

Art.2 Quando eseguire gli adeguamenti

C) - DG con interruttore VOR e relè elettronico

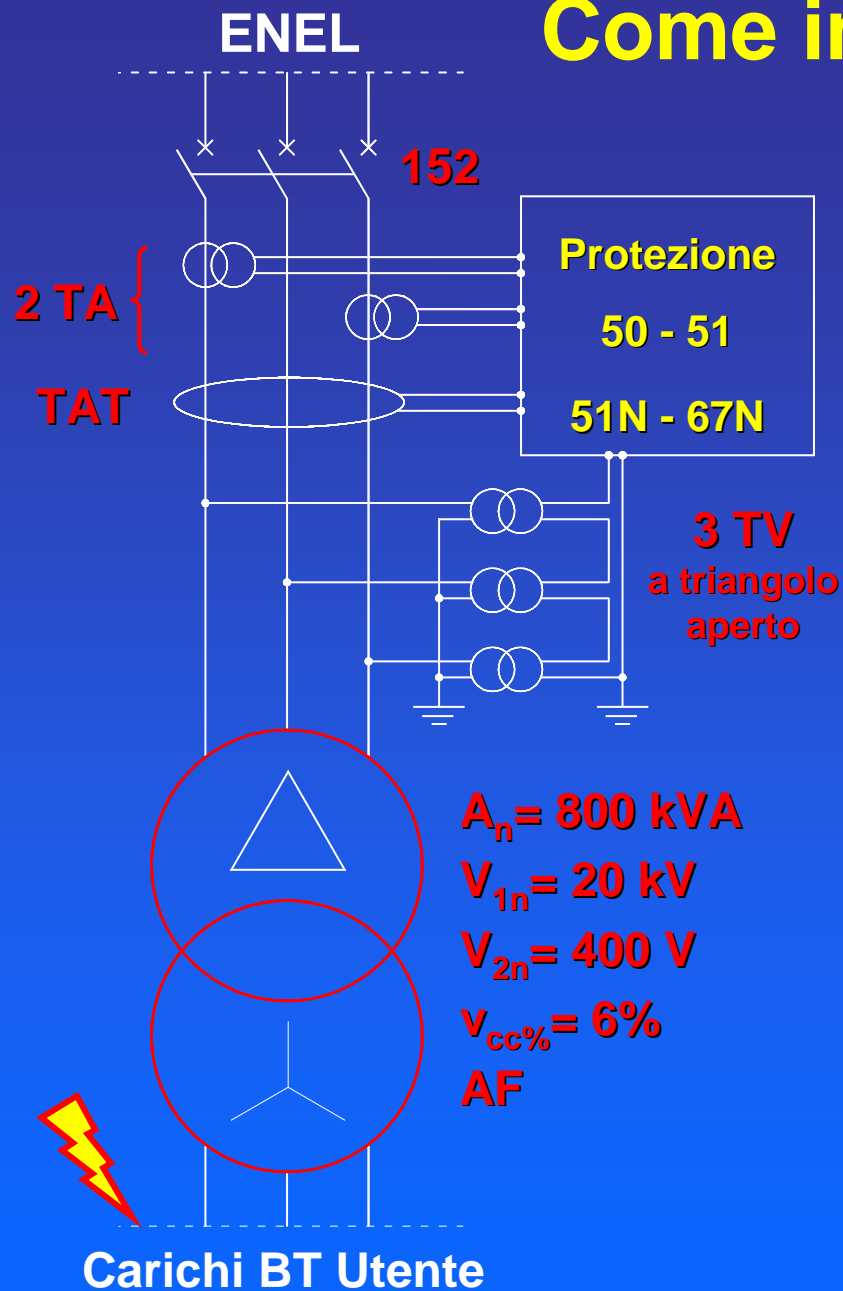
- Passaggio NI – NC
- Verifica tempo di interruzione interruttore $t_i \leq 70$ ms
- Adeguamento tarature o sostituzione PG e riduttori

D) - Subentri con aumento di potenza

E) - Subentri dopo fermo impianto oltre 6 mesi

F) - Aumento di potenza oltre i 400 kW

Come impostare le tarature 50-51 (guasto lato BT)



$$I_{ccR} = 12,5 \text{ kA}$$

$$Z_R = 0,37 \text{ m}\Omega \quad (\text{lato BT})$$

$$I_{1n} = 23,12 \text{ A}$$

$$I_{2n} = 1156 \text{ A}$$

$$Z_{2cc} = 12 \text{ m}\Omega$$

$$I_{cct} = 18,70 \text{ kA} \quad (\text{trifase lato BT})$$

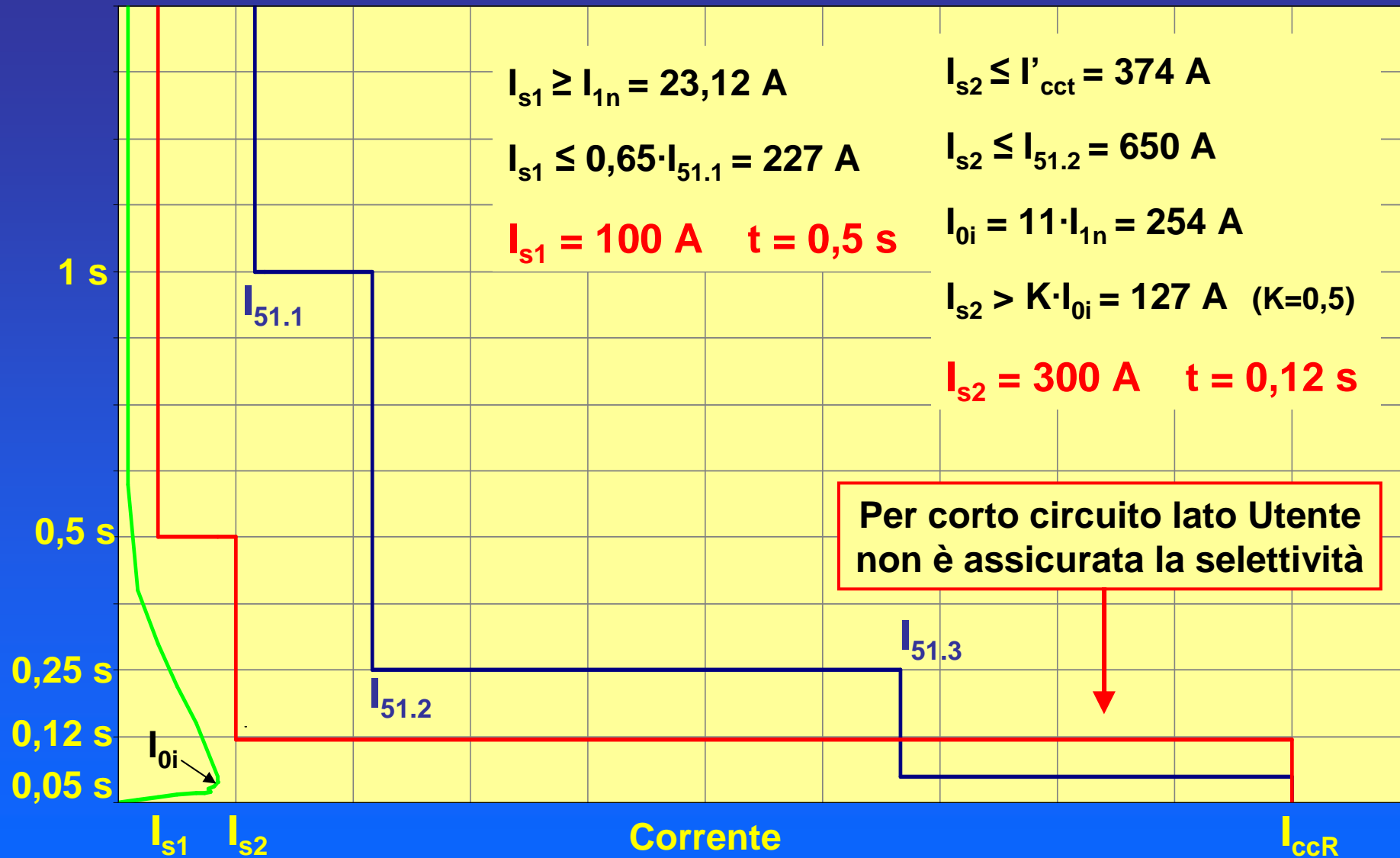
$$I_{ccb} = 16,17 \text{ kA} \quad (\text{bifase lato BT})$$

$$I'_{cct} = 374 \text{ A} \quad (\text{trifase lato MT})$$

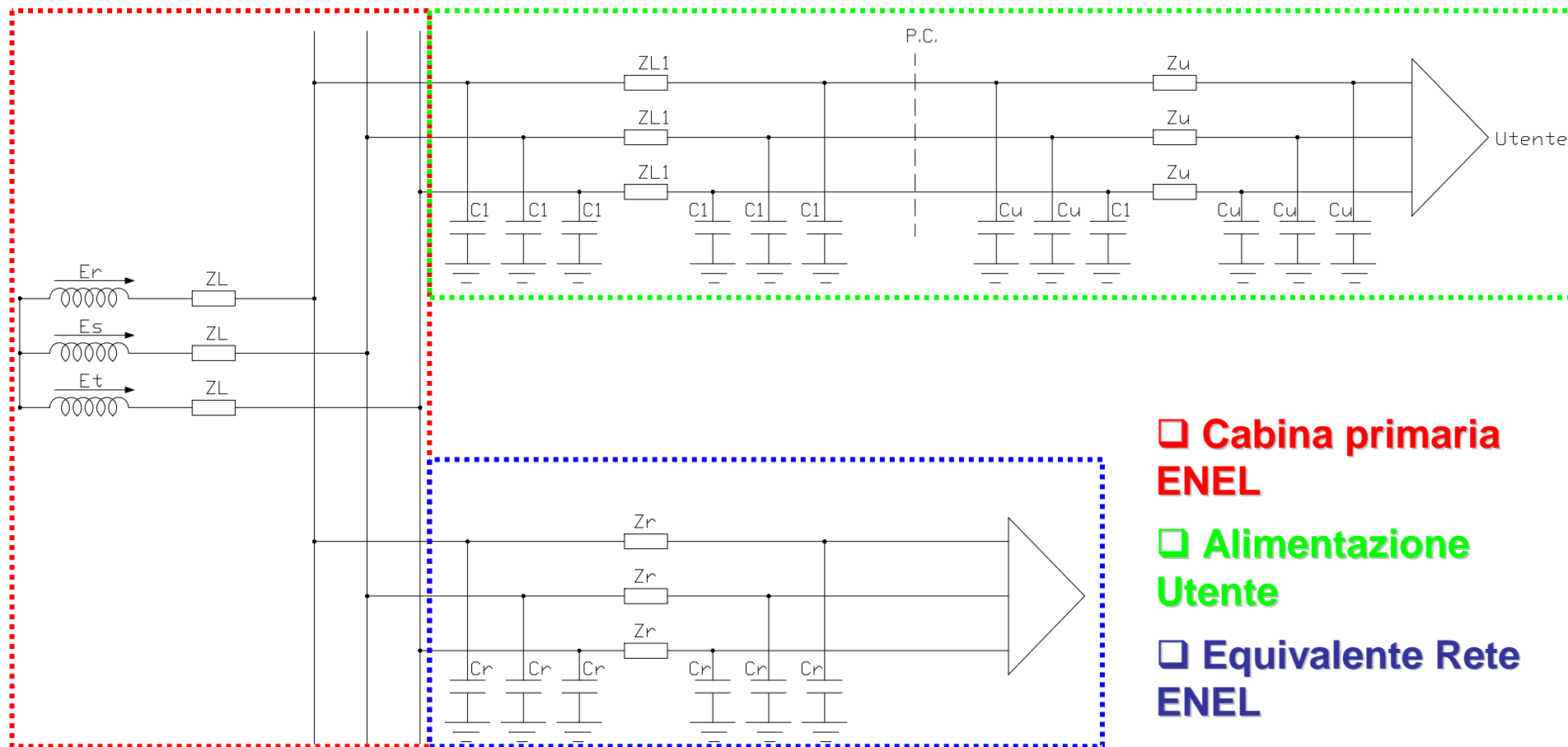
$$I'_{ccb} = 374 \text{ A} \quad (\text{bifase lato MT})$$

Come impostare le tarature 50-51

Tempo (s)



SCHEMA DI PRINCIPIO RETE MT ENEL (NI)



Cabina primaria
ENEL

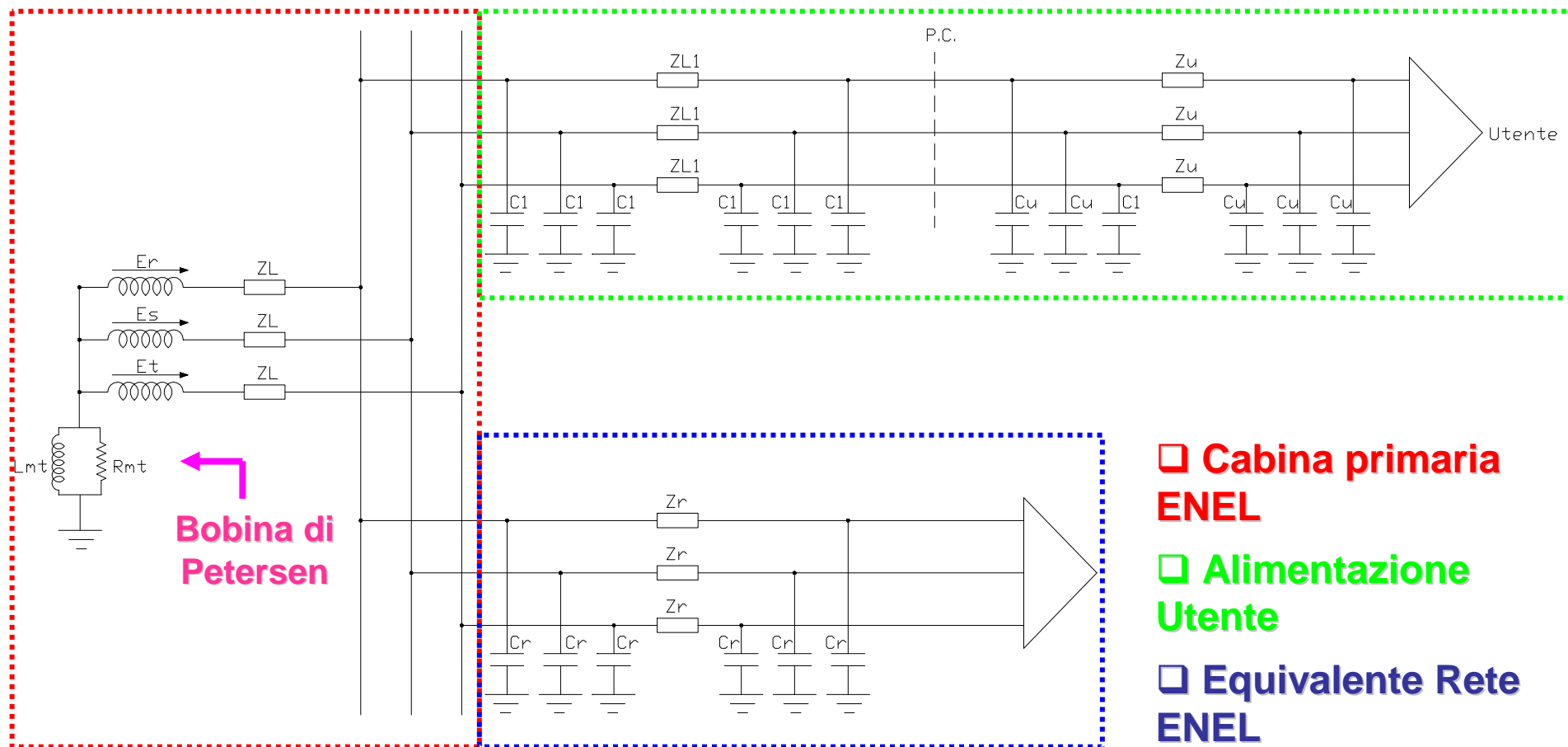
Alimentazione
Utente

Equivalente Rete
ENEL

Studio del guasto a terra:

Impedenza TR e linee trascurabili rispetto alle capacità trasversali

SCHEMA DI PRINCIPIO RETE MT ENEL (NC)



- Cabina primaria ENEL
- Alimentazione Utente
- Equivalente Rete ENEL

Studio del guasto a terra:

Impedenza TR e linee trascurabili rispetto alle capacità trasversali

ANALISI DEI GUASTI A TERRA NEI SISTEMI MT

(4 casi in studio)

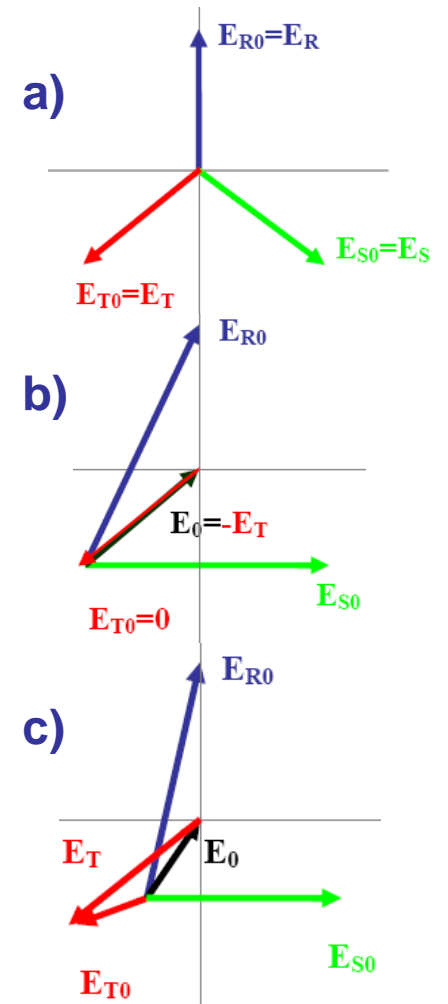
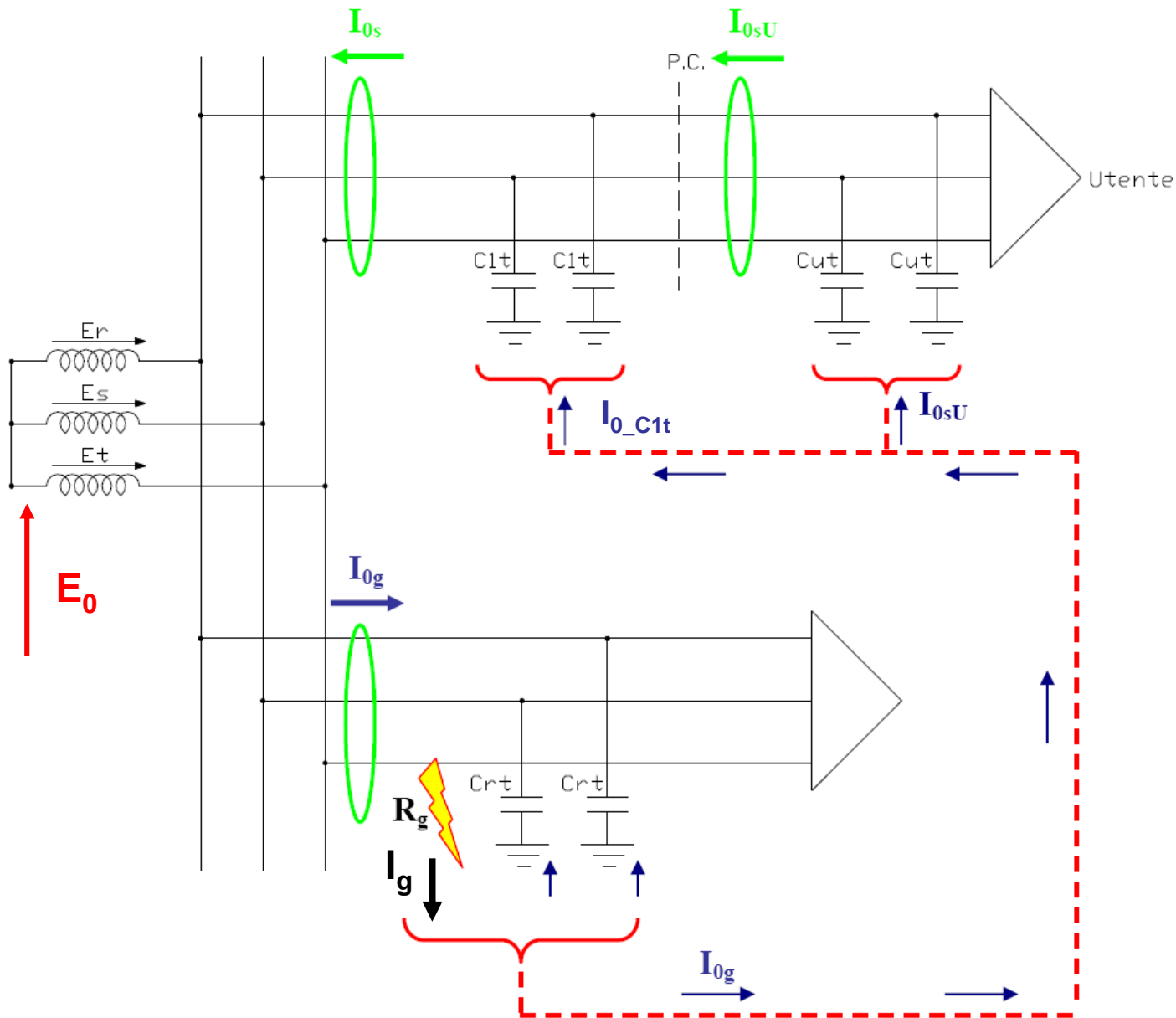
NEUTRO ISOLATO (NI)

- 1) Guasto a terra sulla rete ENEL
- 2) Guasto a terra lato Utente

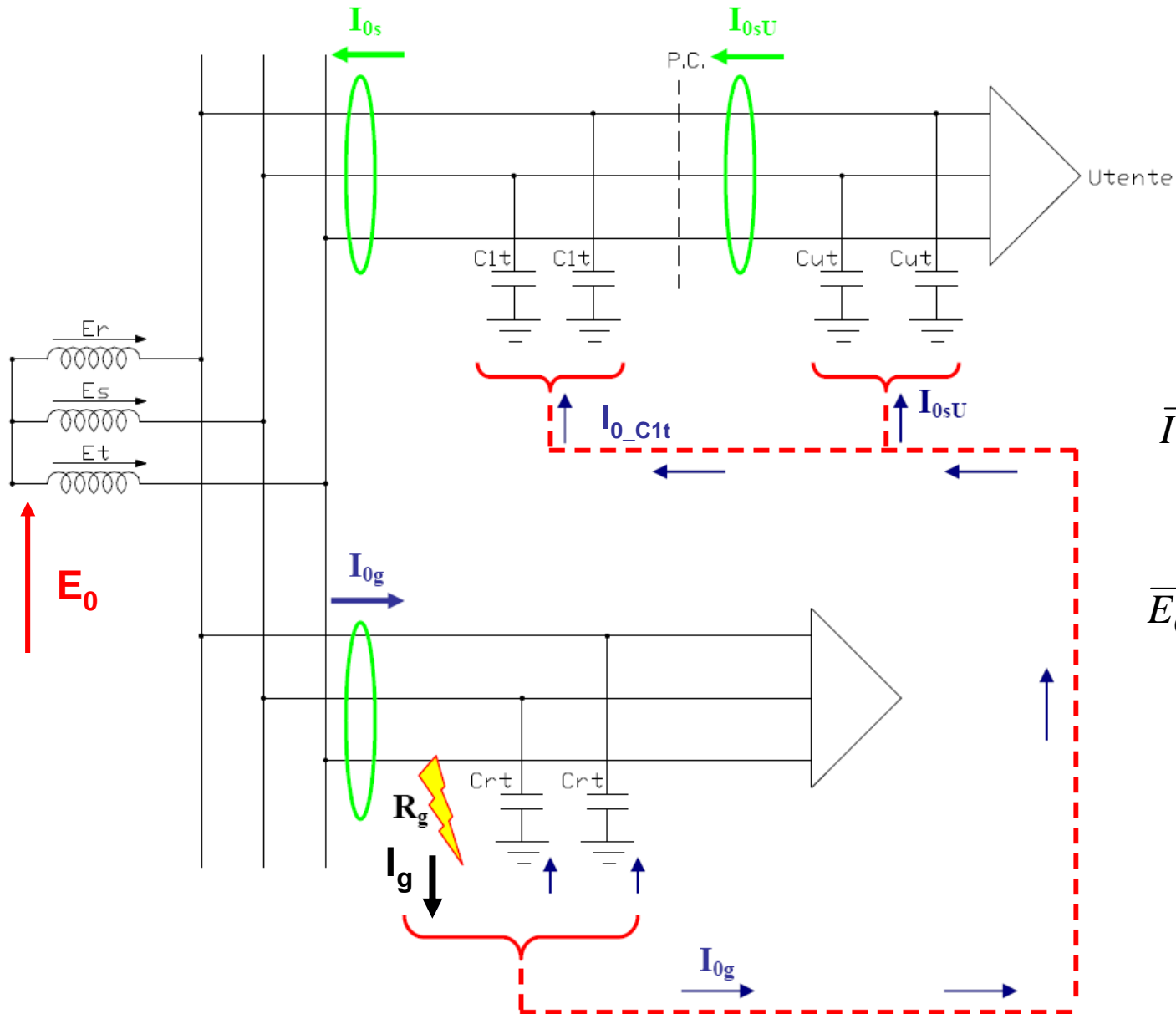
NEUTRO COMPENSATO (NC)

- 3) Guasto a terra sulla rete ENEL
- 4) Guasto a terra lato Utente

Caso 1 – Guasto a terra sulla rete ENEL (NI)



Caso 1 – Guasto a terra sulla rete ENEL (NI)

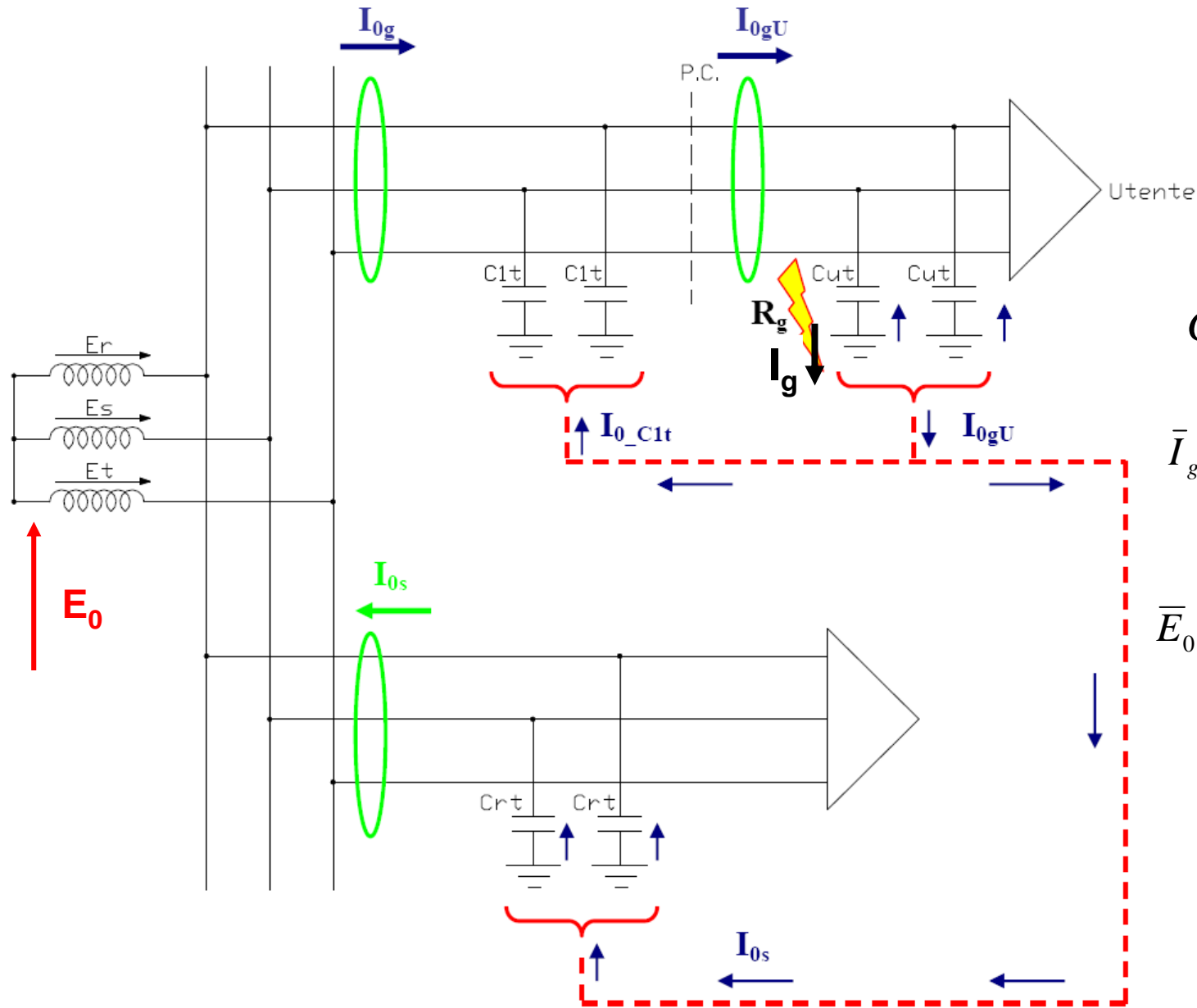


$$C_t = C_{1t} + C_r + C_{ut}$$

$$\bar{I}_g = \frac{j \cdot 3 \cdot \omega \cdot C_t \cdot \bar{E}_t}{1 + j \cdot 3 \cdot \omega \cdot C_t \cdot R_g}$$

$$\bar{E}_0 = \frac{-\bar{E}_t}{1 + j \cdot 3 \cdot \omega \cdot C_t \cdot R_g}$$

Caso 2 – Guasto a terra lato Utente (NI)



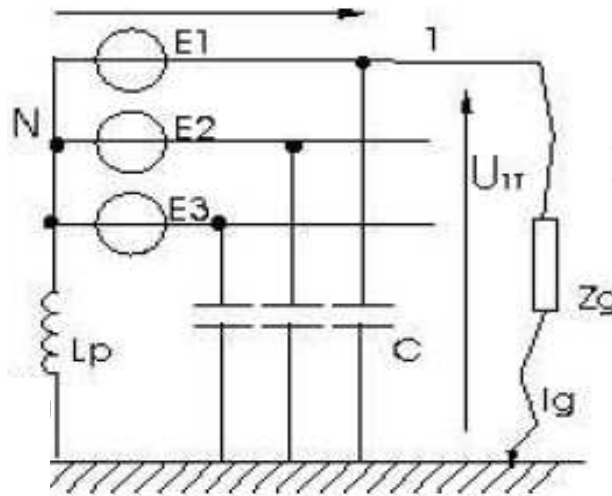
$$C_t = C_{1t} + C_r + C_{ut}$$

$$\bar{I}_s = \frac{j \cdot 3 \cdot \omega \cdot C_t \cdot \bar{E}_t}{1 + j \cdot 3 \cdot \omega \cdot C_t \cdot R_g}$$

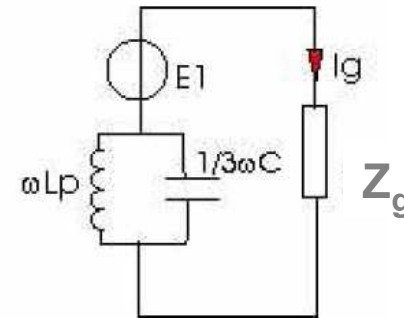
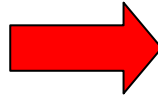
$$\bar{E}_0 = \frac{-\bar{E}_t}{1 + j \cdot 3 \cdot \omega \cdot C_t \cdot R_g}$$

Principio di funzionamento della bobina di Petersen nei sistemi a neutro compensato (NC)

Rete MT totale



Equivalente di Thevenin



$$\bar{I}_g = \frac{\bar{E}_1}{\bar{Z}_{Th} + \bar{Z}_g}$$

Se si sceglie una bobina accordata sulle capacità della rete

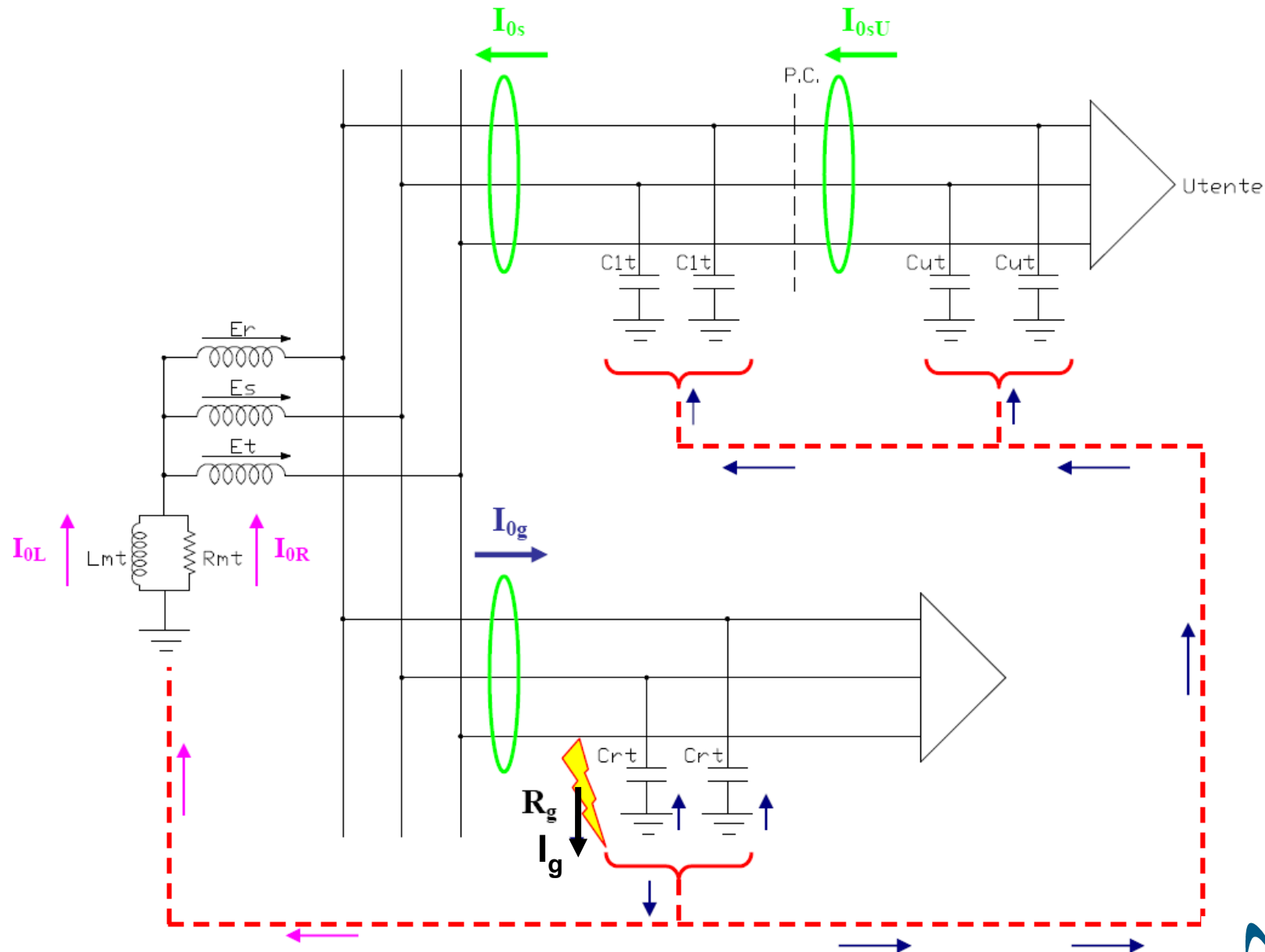
$$L_p = \frac{1}{3 \cdot \omega \cdot C}$$



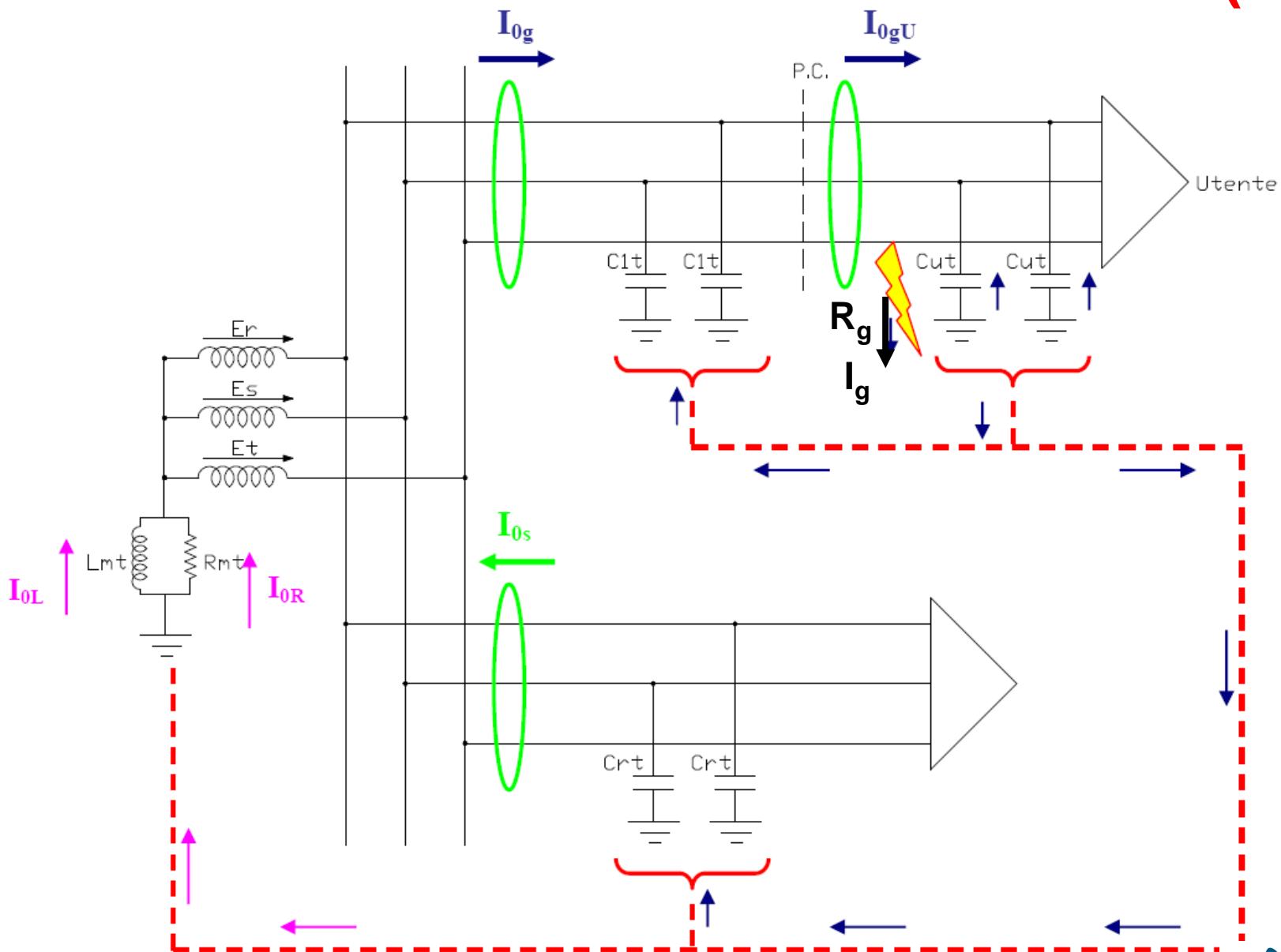
Fenomeno della risonanza parallelo

La corrente di guasto a terra I_g si annulla

Caso 3 – Guasto a terra sulla rete ENEL (NC)



Caso 4 – Guasto a terra lato Utente (NC)



Vantaggi prodotti dall'installazione della bobina di Petersen

- ❑ Aumento della probabilità di autoestinzione dei guasti monofase
- ❑ Inibizione del riadescamento dei guasti e quindi riduzione delle interruzioni lunghe
- ❑ Riduzione del numero, dell'ampiezza e della durata delle sovratensioni sostenute
- ❑ Riduzione della corrente di guasto monofase a terra
- ❑ Incremento della sensibilità per i guasti a terra ad alta resistenza

DK5600 Ed. V – giugno 2006

Come effettuare le tarature

Taratura della protezione generale semplificata ($L < 350 \text{ m} / 460 \text{ m}$)

Descrizione	Soglie di intervento	Tempo di intervento
51.1	$\leq 156 \text{ A}$	$\leq 0,5 \text{ s}$
51.2	$\leq 650 \text{ A}$	$\leq 0,12 \text{ s}$
51.N	$\leq 2 \text{ A}^*$	$\leq 0,17 \text{ s}$

* Interviene SOLO per guasti lato Utente; infatti per guasti lato ENEL, essendo la linea Utente più corta di 350 m (o 460 m), la corrente differenziale rilevata dal TAT dell'Utente è inferiore a circa 1,4 A (=70% dei 2 A di taratura)

DK5600 Ed. V – giugno 2006

Protezione generale (PG)

La PG è sempre costituita almeno da 50-51 e 51N a meno che....

Tensione d'esercizio (kV)	Lunghezza cavo MT d'Utente (m)	Protezione
15	> 460	Necessaria l'integrazione della 51N con la 67N
20	> 350	

Perchè il contributo della corrente di guasto monofase a terra che si richiude nelle capacità della linea MT dell'Utente è superiore a 1,4 A primari (con tensione di esercizio 20 kV), ovvero al 70% della taratura richiesta dall'ENEL per la protezione 51 N

DK5600 Ed. V – giugno 2006

Come effettuare le tarature

Taratura della protezione generale (L>350 m / 460 m)

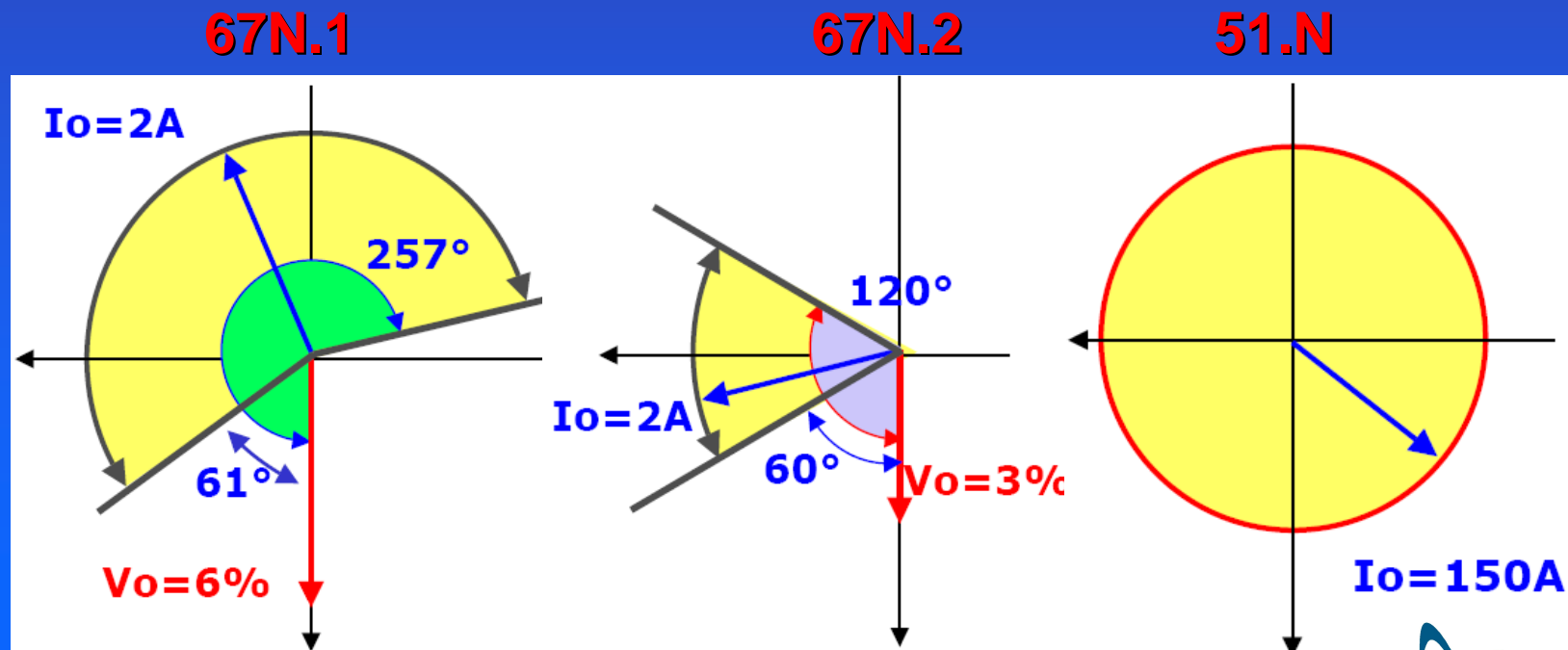
Descrizione	Soglie di intervento			Tempo di intervento
	I_0	V_0	φ_0	
51.1	$\leq 156 \text{ A}$			$\leq 0,5 \text{ s}$
51.2	$\leq 650 \text{ A}$			$\leq 0,12 \text{ s}$
51.N	$\leq 256 \text{ A}$			$\leq 0,17 \text{ s}$
	I_0	V_0	φ_0	
67.N1	2 A ⁽²⁾	693 V ⁽³⁾	(61-257)° ⁽¹⁾	$\leq 0,45 \text{ s}$
67.N2	1,5 A ⁽²⁾	346 V ⁽⁴⁾	(60-120)° ⁽¹⁾	$\leq 0,15 \text{ s}$

- (1) intervalli di sfasamento possibili nei casi reali di guasto a terra (NI e NC)
- (2) correnti differenziali minime nei casi reali di guasto a terra (NI e NC)
- (3) 6% della tensione stellata (= 6% di 11,547 kV)
- (4) 3% della tensione stellata (= 3% di 11,547 kV)

DK5600 Ed. V – giugno 2006

Come effettuare le tarature della 67N

- La prima soglia (**67N.1**) rileva il guasto quando la rete è gestita con **neutro compensato**
- La seconda soglia (**67N.2**) rileva il guasto quando la rete è gestita con **neutro isolato** (situazione che si verifica per brevi periodi in occasione di guasti o manutenzioni)



DK5600 Ed. V – giugno 2006

L'applicazione delle tecniche qui analizzate permette di raggiungere un ottimo livello di selettività sia per i guasti lato utente sia per quelli lato ENEL in entrambe i casi di neutro isolato e neutro compensato, garantendo la qualità del servizio per gli Utenti MT

Analisi delle reti MT ed applicazione della Specifica Tecnica ENEL DK5600

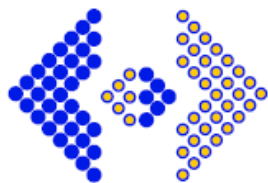
Dott. Ing. Claudio Ciucciarelli



Via S.Biele n°62 – Viterbo
Tel/Fax: 0761-308471
e-mail: info@galileoengineering.it
Web: www.galileoengineering.it



**Ordine degli Ingegneri
di Viterbo**



FederImprese



**CONFINDUSTRIA
VITERBO**



**Collegio dei Periti Industriali
di Viterbo**

“SPECIFICA TECNICA ENEL DK5600 E NEUTRO COMPENSATO”

Introduzione:

P.I. Giorgio Ricci

(Presidente Collegio dei Periti Industriali di Viterbo)

Saluto:

Dott. Luigi Todaro

(Segretario generale FEDERIMPRESE Viterbo)

Relatori:

Dott. Ing. Claudio Ciucciarelli

(Direttore Tecnico GALILEO Engineering)

P.I. Mauro Sarnataro

(ENEL)



BANCA DI VITERBO

Credito Cooperativo

Aquilanti[®]
al Servizio dei Professionisti