

SCHEMA de LEGARE la PAMANT TT

- **Neutrul transformatorului** este legat direct la o priză de pământ R_B (justificarea primei litere T din notația TT).
- **Masele consumatorilor** sunt legate direct la o priză de pământ R_A (justificarea celei de-a doua litere T din notația TT).
- **Conductorul PE** nu trebuie să fie niciodată întrerupt.
- În orice punct tensiunea de contact U_C trebuie să rămână $\leq U_L$;

fie: $R_A \cdot I_f \leq U_L$;

sau: $R_A \cdot I_{\Delta n} \leq U_L$.

unde: R_A este rezistența prizei de pământ pentru **masele consumatorilor**;

I_f este curentul de scăpări care asigura funcționarea dispozitivului de protecție în timpul prescris de caracteristica de protecție;

$I_{\Delta n}$ este pragul nominal al declanșatorului diferențial;

U_L este tensiunea limită convențională de siguranță pentru zona considerată (valoarea limită maximă a tensiunii de contact care poate fi menținută oricât de îndelungat sub pragul tensiunii periculoase).

Nota. Dacă prizele de pământ R_A și R_B sunt legate între ele, se regăsește schema de legare la pământ TNS.

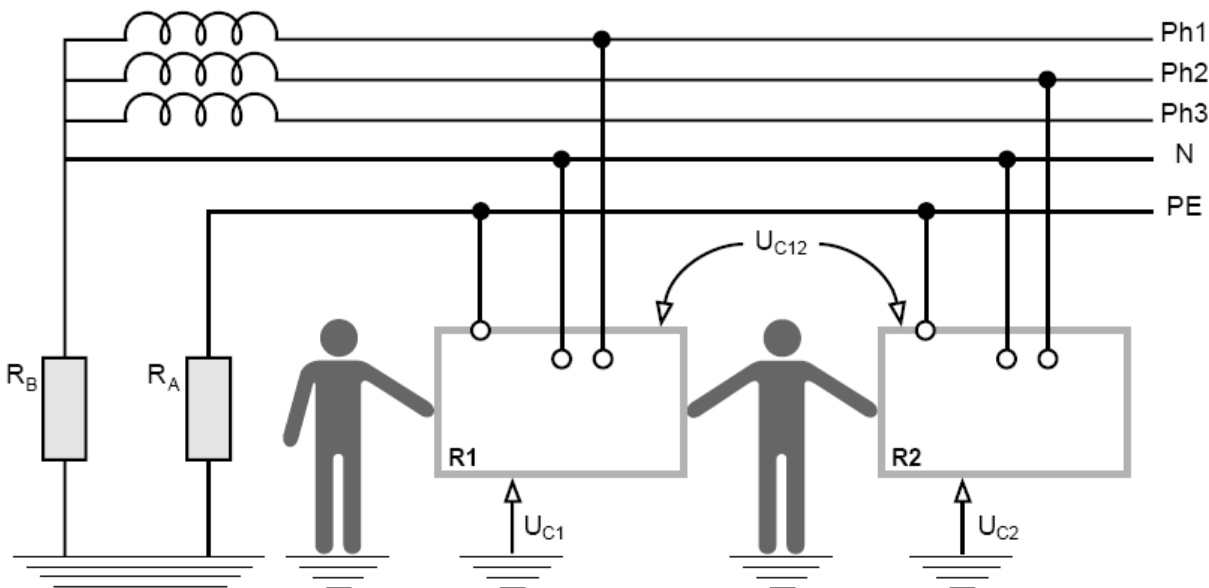


Fig. 1. Schema simplificată, declanșare la primul defect

Experimentul 1

Interconectarea și punerea la pământ a maselor sunt condiții necesare, dar nu și suficiente pentru asigurarea protecției.

1. Se deschid toate aparatele de conectare (de la Q1 la Q33).
2. Se realizează montajul din fig.2

Notă : Fără să se execute legătura b (PE2 la consumatorul R2). Schema echivalentă este în Fig. 3.

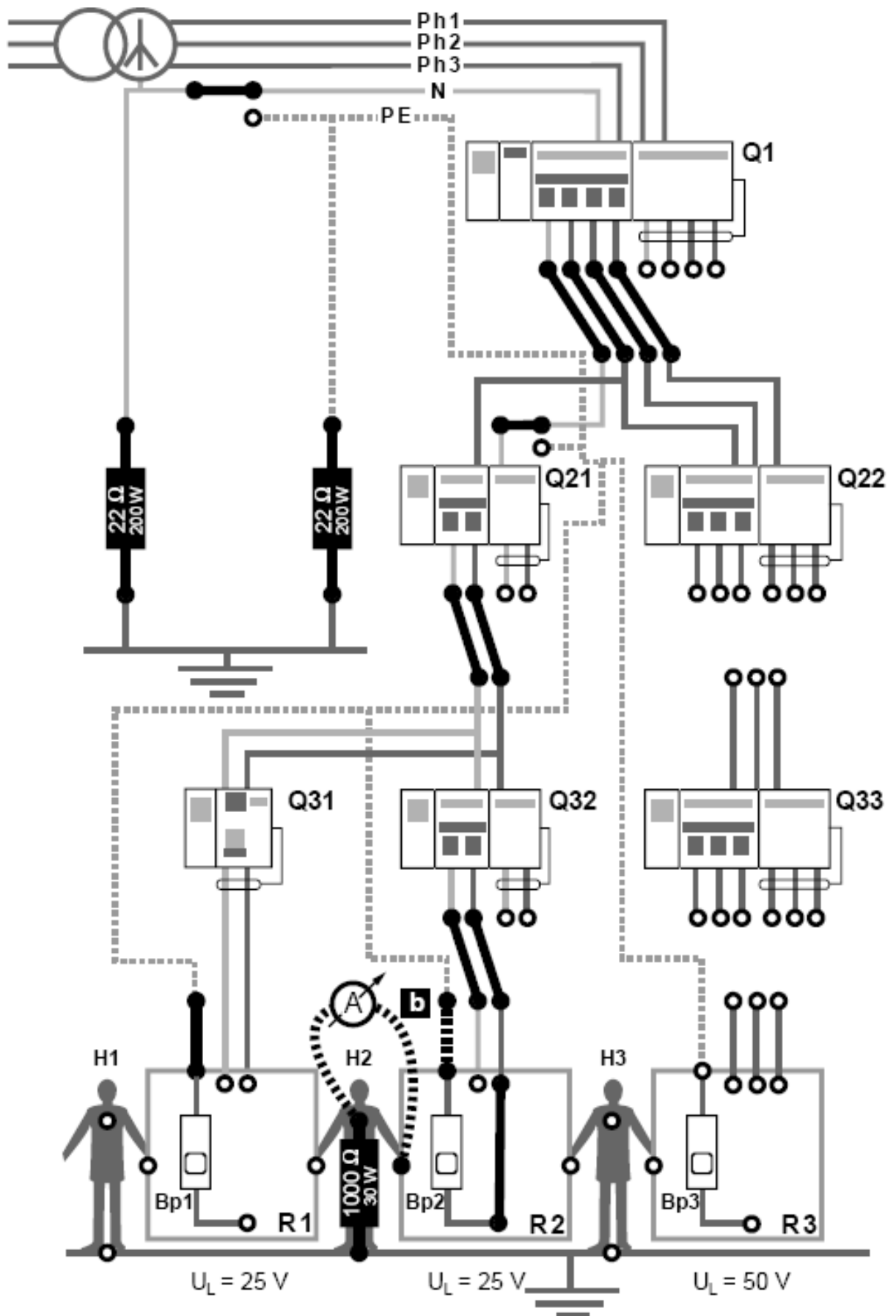


Fig. 2. Schema de legare la pământ TT

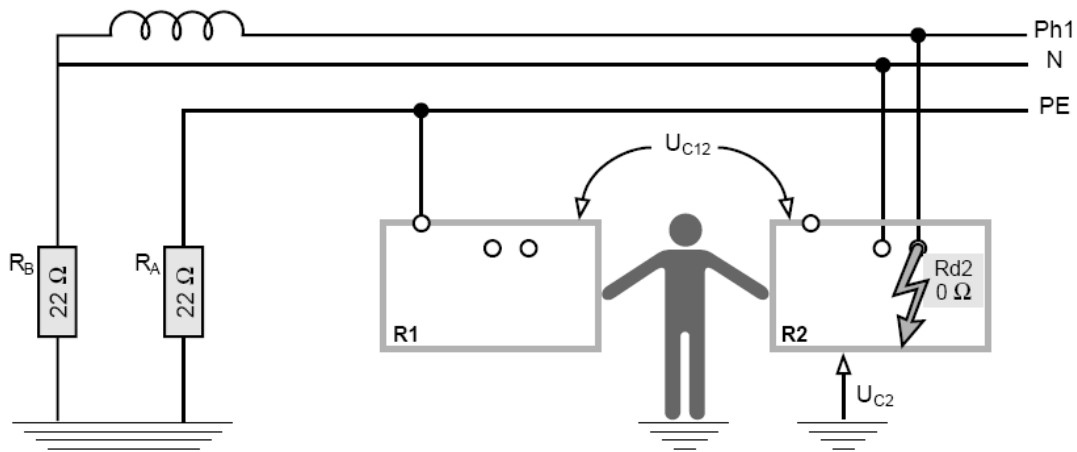


Fig. 3. Varianta TT, schema electrica echivalenta

3. Se pune montajul sub tensiune (se închid Q1, Q21 și Q32).
4. Se creează un defect net în consumatorul R2 apăsând pe butonul Bp2.
5. Se măsoară tensiunea între masele consumatorilor R1 și R2 (între mâinile operatorului H2): $U_{C12} = 133V$: PERICOL!
6. Se măsoară tensiunea între masa consumatorului R2 și pământ: $U_{C2} = 133V$: PERICOL!
Deoarece $U_{C2} > U_L$ (din zona 2)
- b. 7. Se stabilește legătura directă PE2 (masele consumatorilor R1 și R2 sunt interconectate și legate la pământ). Schema echivalentă este cea din Fig. 4.

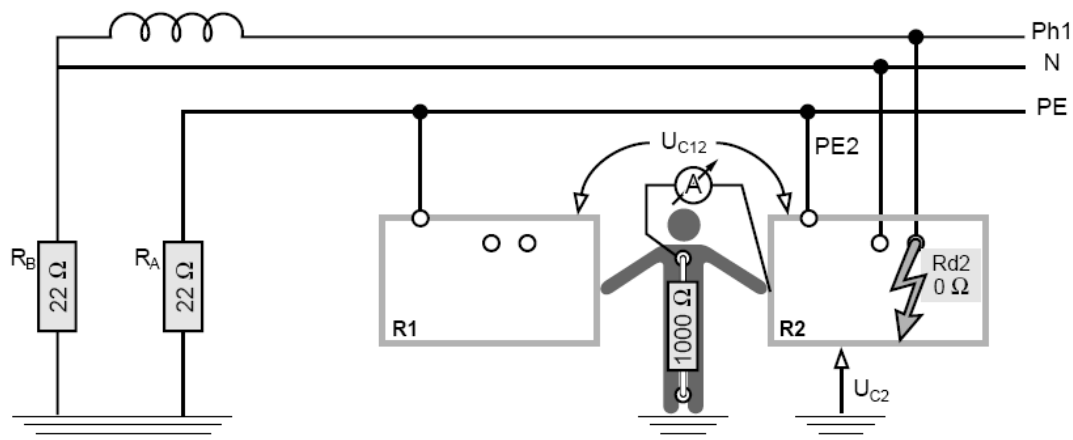


Fig. 4. Varianta TT, schema electrica echivalenta

8. Se creează un defect net în consumatorul R2 apăsând pe butonul Bp2.
9. Se măsoară tensiunea între masele consumatorilor R1 și R2 (între mâinile operatorului H2): $U_{C12} = 0V$: Nu este pericol!
10. Se măsoară tensiunea între masa consumatorului R2 și pământ: $U_{C2} = 63V$: PERICOL!
Deoarece $U_{C2} > U_L$ (din zona 2)
11. Se leagă o rezistență de 1000Ω între corpul și picioarele operatorului H2, apoi se măsoară curentul care traversează operatorul (între corpul și mâna lui): $I_{C2} = 63mA$

Concluzie

Interconectarea maselor și punerea lor la pământ nu sunt suficiente pentru asigurarea protecției.

Experimentul 2

Înteruptoarele cu declanșatoare termice și electromagnetice nu asigură protecția la defecte de izolație care determină o "atingere indirectă" a pieselor sub tensiune de către operator.

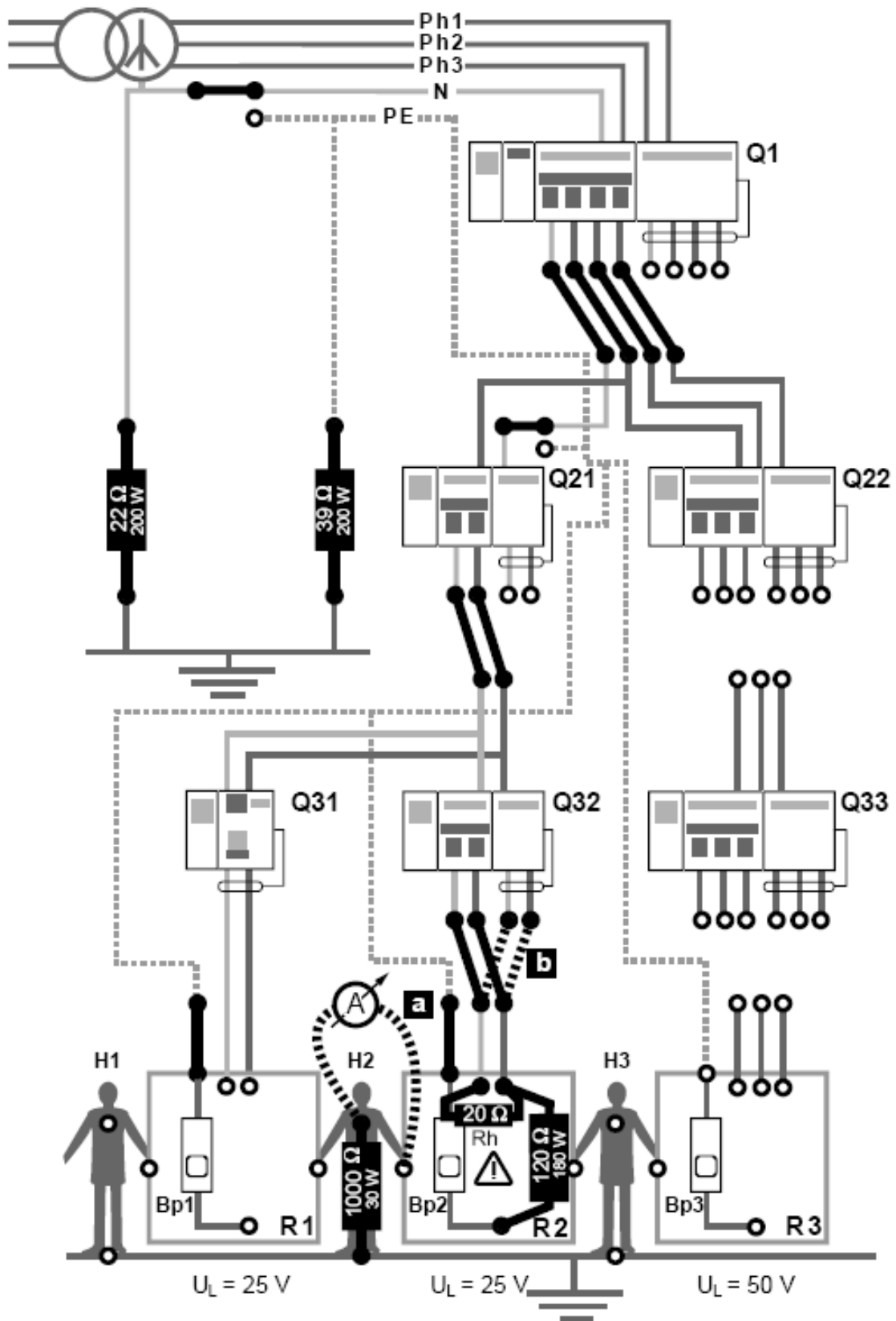


Fig. 5. Schema de legare la pământ TT

- a. 1. Se deschid toate aparatele de conectare (de la Q1 la Q33).
 2. Se realizează montajul din Fig. 5 (pentru sarcina de 20Ω se utilizează reostatul).
- Schema echivalentă este în fig.6.

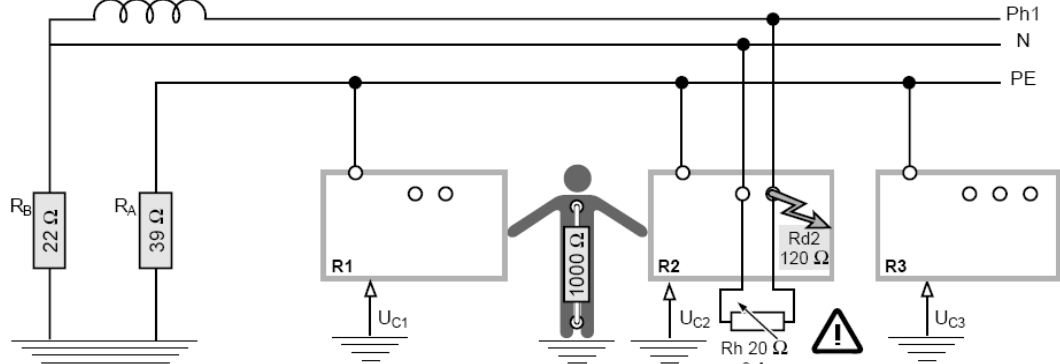


Fig. 6. Varianta TT, schema electrica echivalenta

3. Se pune montajul sub tensiune (se închid Q1, Q21 și Q32).
4. Se creează un defect ($Rd2=4,7\Omega$) în consumatorul R2, apăsând pe butonul Bp2.
5. Se calculează curentul de defect teoretic I_d și se determină U_{C1} și U_{C2} .
6. Se măsoară tensiunile între masele consumatorilor și pământ:
 - $U_{C3} = 54V > U_L = 50V$ PERICOL!
 - $U_{C2} = 54V > U_L = 50V$ PERICOL!
 - $U_{C1} = 54V > U_L = 50V$ (nu acționează nici unul dintre declanșatoare)

Observații:

1. Chiar dacă circuitul a fost încărcat până la limita admisă de Q32 ($I_n=6,2A$) se constată că punerea la masă nu provoacă intrarea în funcțiune a declanșatoarelor termic și electromagnetice ale întreruptorului Q32.
 2. Chiar dacă întreruptorul Q31 este deschis, între masa consumatorului R1 și pământ există o tensiune excesivă ($U_{C1} = 54V > U_L = 50V$). Această tensiune, periculoasă în zona umedă unde se afla R1, este transmisă prin interconectarea maselor.
7. Se măsoară curentul care traversează operatorul H2
 - b. 8. Se întrerupe Q32 și se face legătura prin întreruptorul cu declanșator diferențial DDR Q32. Schema echivalentă este cea din Fig. 7

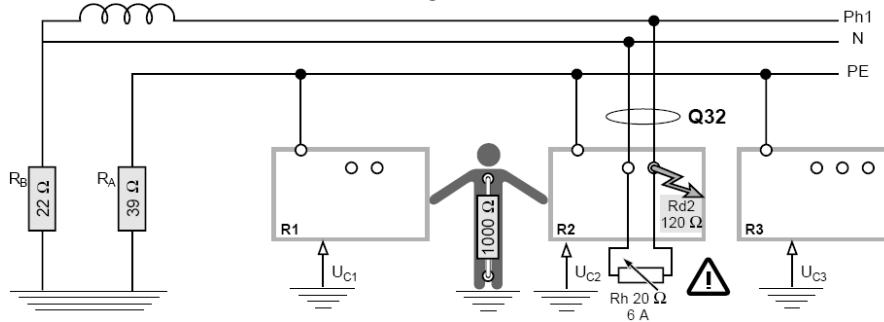


Fig. 7. Varianta TT, schema electrica echivalenta

9. Se repune montajul sub tensiune închizând Q32.
10. Se creează un defect ($Rd2 = 4,7\Omega$) în consumatorul R2, apăsând pe butonul Bp2.
11. Declanșează imediat Q32: Nu mai este pericol la nivelul tensiunii transmise la masa consumatorilor.

Concluzie

O protecție cu declanșator diferențial este necesară pentru asigurarea securității operatorilor.

Experimentul 3

Utilizarea declanșatoare diferențiale este o condiție necesară, dar nu și suficientă pentru asigurarea protecției. Alegerea pragului $I\Delta n$.

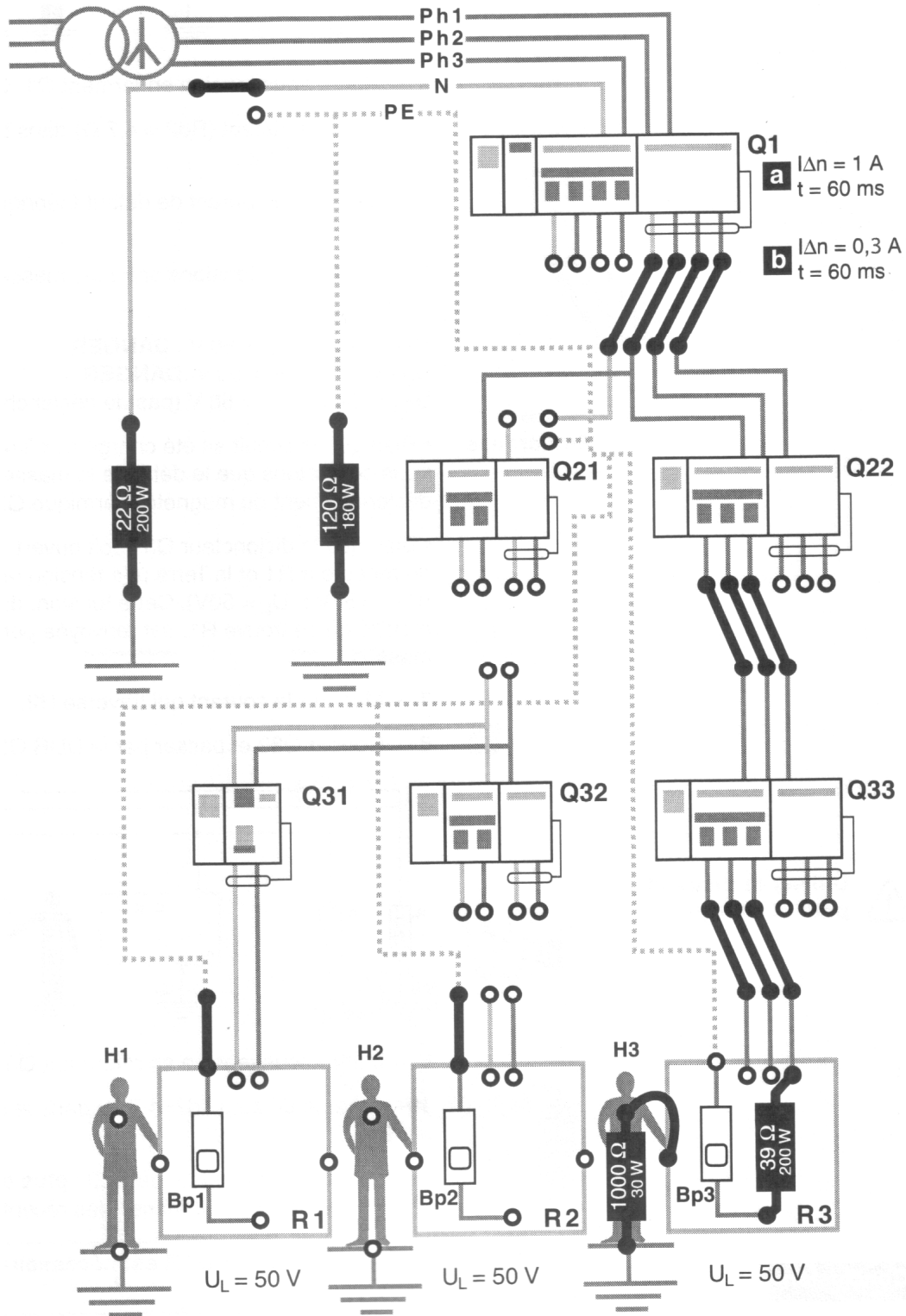


Fig. 8. Schema de legare la pământ TT

- a. 1. Se deschid toate aparatele de conectare (de la Q1 la Q33).
2. Se realizează montajul din fig.8 cu schema echivalentă din Fig. 9.

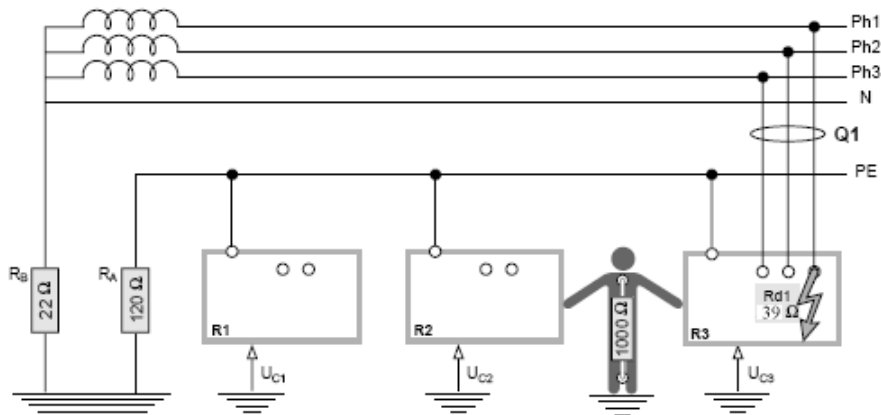


Fig. 9. Varianta TT, schema electrica echivalenta

3. Se reglează pragul declanșatorului diferențial al întreruptorului Q1 la $I_{\Delta n} = 1A$ și $t = 60ms$
4. Se pune montajul sub tensiune (se închid Q1, Q22 și Q33).
5. Se creează un defect în consumatorul R3, apăsând pe butonul Bp3.
6. Se măsoară tensiunile între masele consumatorilor și pământ:
 - $U_{C3} = 85V > U_L$ din zona 3 = 50V PERICOL!
 - $U_{C2} = 54V > U_L$ din zona 2 = 50V PERICOL!
 - $U_{C1} = 54V > U_L$ din zona 1 = 50V PERICOL!
7. Se calculează curentul de defect I_d și se verifică valorile măsurate pentru U_C ; apoi se măsoară curentul de defect.

b. 8. Se deschide Q1.

9. Se reglează declanșatorul diferențial al lui Q1 la:

$$\frac{U_{Lmin}}{R_A} \leq \frac{50}{120} \text{ adică } I_{\Delta n} \leq 0,42A \text{ și } t = 60ms. \text{ Se alege } I_{\Delta n} = 0,3A$$

10. Se închide Q1

11. Se creează un defect în consumatorul R3, apăsând pe butonul Bp3.

12. Declanșează Q1. **Protecția este deci asigurată** în toate zonele.

Concluzie

Pentru o valoare dată a lui RA (ea nu poate fi aleasă, ci eventual modificată), trebuie să avem în instalația respectivă

$$I_{\Delta n} \text{ maxim} \leq \frac{U_L \text{ minim dintre toate zonele instalate}}{R_A}$$

Experimentul 4

Utilizarea declanșatoare diferențiale este o condiție necesară, dar nu și suficientă pentru asigurarea protecției. Alegerea pragului $I\Delta n$.

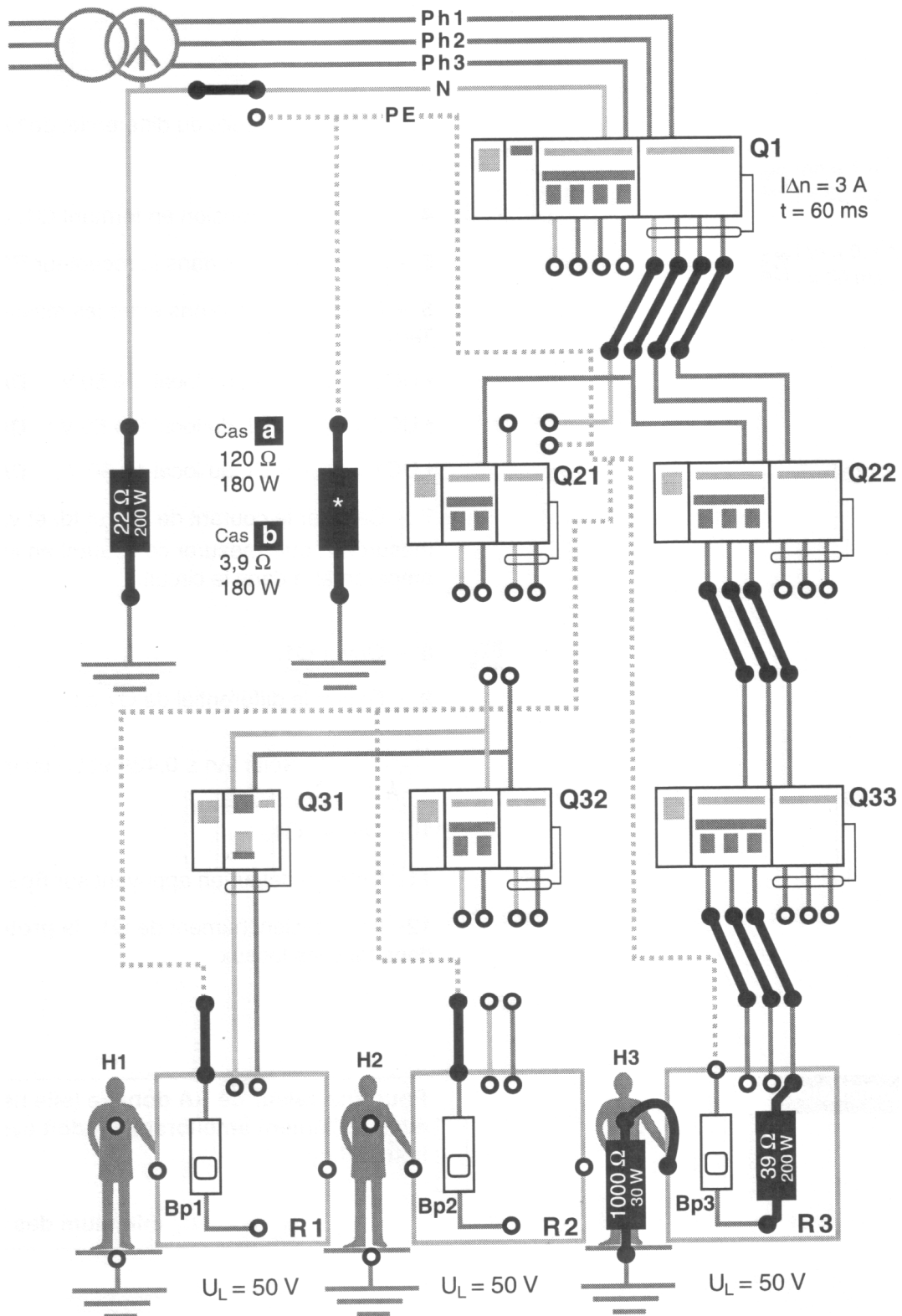


Fig. 10. Schema de legare la pământ TT

- a. 1. Se deschid toate aparatele de conectare (de la Q1 la Q33).
2. Se realizează montajul din fig.10 cu schema echivalentă din Fig. 11.

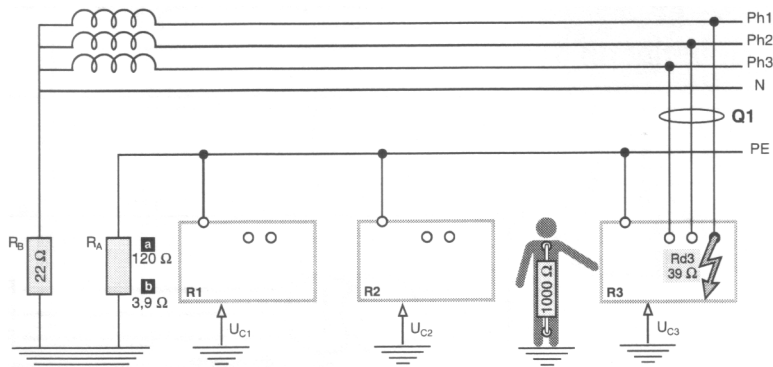


Fig. 11. Varianta TT, schema electrica echivalenta

3. Se reglează pragul declanșatorului diferențial al întreruptorului Q1 la $I\Delta n = 3A$ și $t = 60$ ms.

4. Se pune montajul sub tensiune (se închid Q1, Q22 și Q33).

5. Se creează un defect în consumatorul R3, apăsând pe butonul Bp3.

6. Se măsoară tensiunile între masele consumatorilor și pământ:

$$U_{C3} = 85V > U_L \text{ din zona 3} = 50V \text{ PERICOL!}$$

$$U_{C2} = 54V > U_L \text{ din zona 2} = 50V \text{ PERICOL!}$$

$$U_{C1} = 54V > U_L \text{ din zona 1} = 50V \text{ PERICOL!}$$

Se verifică valorile măsurate pentru U_C prin calculul curentului de defect I_d .

b. 7. Se deschide Q1.

8. Se înlocuiește $R_A = 120\Omega$ cu $R_A = 3,9\Omega$ (200W)

9. Se închide Q1.

10. Se creează un defect în consumatorul R3, apăsând pe butonul Bp3.

11. Se măsoară tensiunile între masele consumatorilor și pământ:

$$U_{C3} = U_{C2} = U_{C1} = 8V \text{ Nu mai există pericol!}$$

Se verifică valorile măsurate pentru U_C prin calculul curentului de defect I_d .

Concluzie

Pentru o valoare aleasă pentru $I\Delta n$, protecția este eficientă cu condiția ca priza de pământ a maselor consumatorilor (R_A) să aibă o valoare care să satisfacă inegalitatea:

$$R_A \leq \frac{U_L \text{ minim dintre toate zonele instalatei}}{I\Delta n}$$

Experimentul 5

Deconectarea prin declanșatoare diferențiale plasate la diverse nivele.

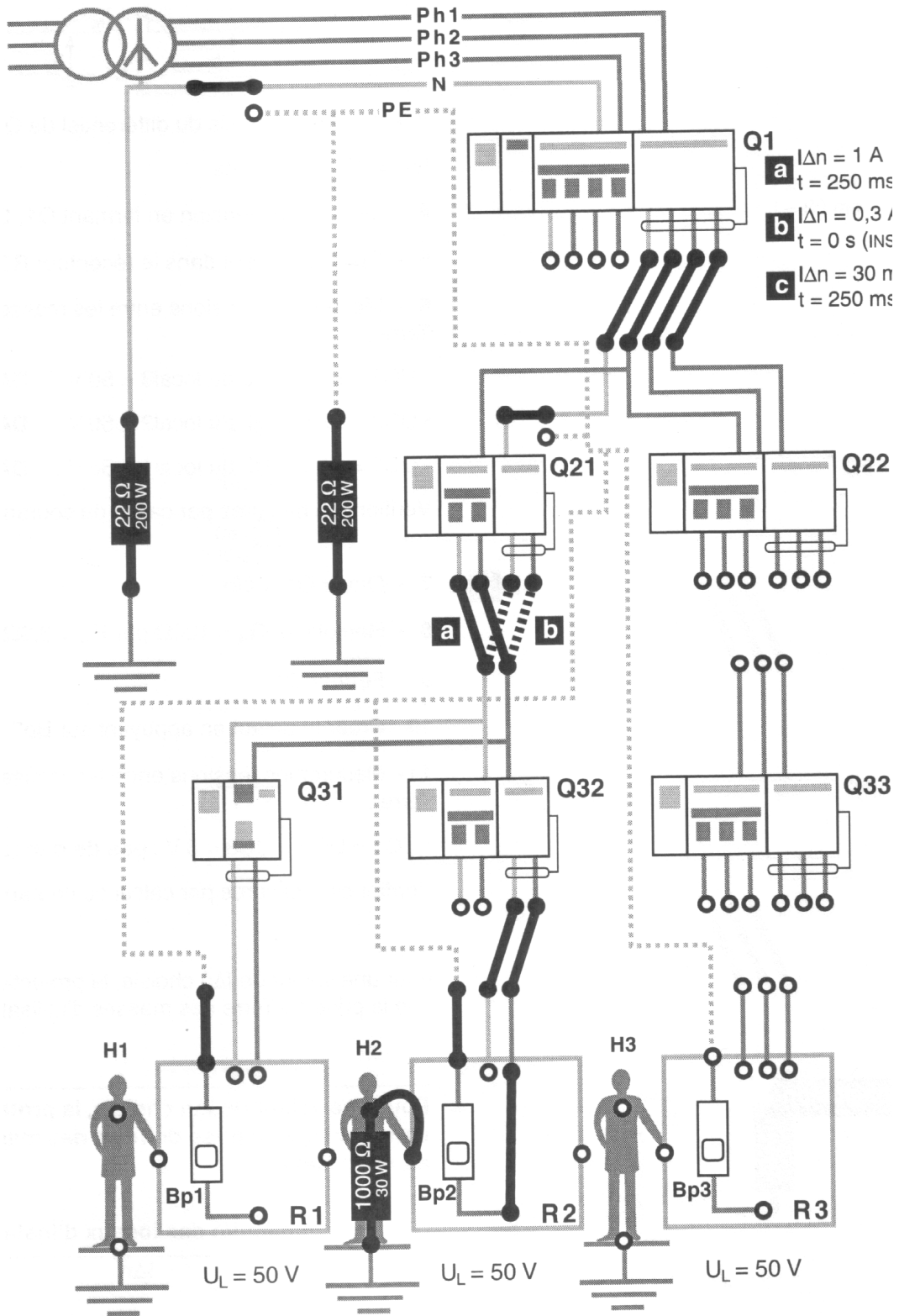


Fig. 12. Schema de legare la pământ TT cu declanșatoare diferențiale

- a. 1. Se deschid toate aparatele de conectare (de la Q1 la Q33).
2. Se realizează montajul din Fig. 12 cu schema echivalentă din Fig. 13.

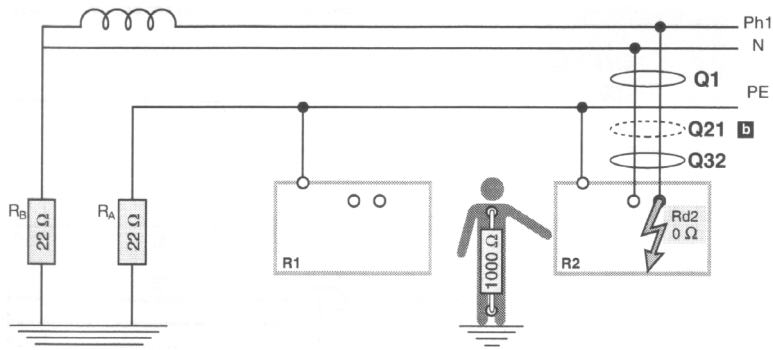


Fig. 13. Varianta TT cu DDR, schema electrica echivalenta

3. Se reglează pragul declanșatorului diferențial al întreruptorului Q1 la $I\Delta n = 1A$ și $t = 250$ ms.
4. Se pune montajul sub tensiune (se închid Q1, Q21 și Q32).
5. Se creează un defect net în consumatorul R2, apăsând pe butonul Bp2. Întreruptorul cu protecție diferențială Q32 se deschide.

Există selectivitate între DDR (declanșatorul diferențial) al lui Q32 (instantaneu) și DDR al lui Q1 (temporizat cu 250ms)

Se obține astfel o **protecție selectivă**.

- b. 6. Se conectează și DDR al întreruptorului Q21 și se reglează timpul de declanșare al lui Q1 la 0 (poziția INST).
7. Se creează un defect net în consumatorul R2, apăsând pe butonul Bp2. Unul dintre întreruptoarele Q32, Q21 sau Q1 se deschide, la întâmplare, conform dispersiei caracteristicilor de protecție ale fiecărui aparat. Nu există selectivitate între declanșatoarele diferențiale ale întreruptoarelor Q32, Q21 sau Q1, toate fiind reglate pe poziția INST (acționare instantanee).
- c. 8. Se realizează din nou montajul de la punctul a. Se reglează pragul declanșatorului diferențial al întreruptorului Q1 la $I\Delta n = 30$ mA și $t = 250$ ms
9. Se creează un defect net în consumatorul R2, apăsând pe butonul Bp2: Q32 se deschide înaintea lui Q1. Declanșarea temporizată a lui Q1 permite selectivitatea între Q1 și Q32.

Concluzie

Un declanșator diferențial temporizat, trebuie întotdeauna asociat cu un declanșator instantaneu în aval.

Alte manevre posibile:

- a. Se conectează întreruptoarele cu DDR Q1, Q22 și Q33 și se reglează timpul de declanșare al lui Q1 astfel: $I\Delta n = 300$ mA și $t = 90$ ms. Se creează un defect net în consumatorul R3: Q22 și Q33 deconectează împreună.
- b. Se poate suprima temporizarea lui Q1, respectând însă reglajul $I\Delta n = 300$ mA. Q22 și Q33 deconectează împreună.

Experimentul 6

Valoarea prizelor de pământ trebuie măsurată periodic.

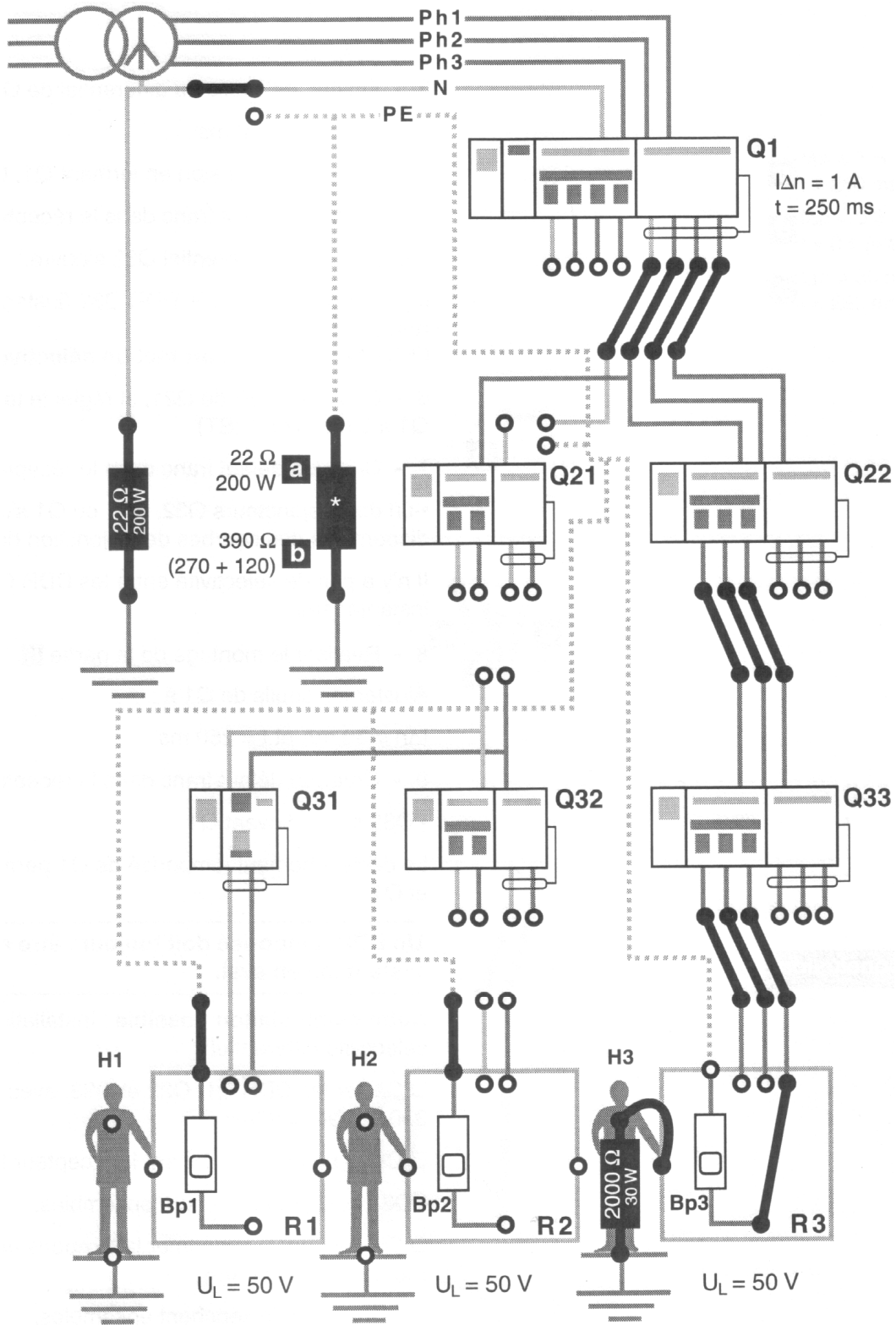


Fig. 14. Varianta TT – măsurarea periodică a prizelor de pământ

- a. 1. Se deschid toate aparatele de conectare (de la Q1 la Q33).
2. Se realizează montajul din fig.14 cu schema echivalentă din Fig. 15.

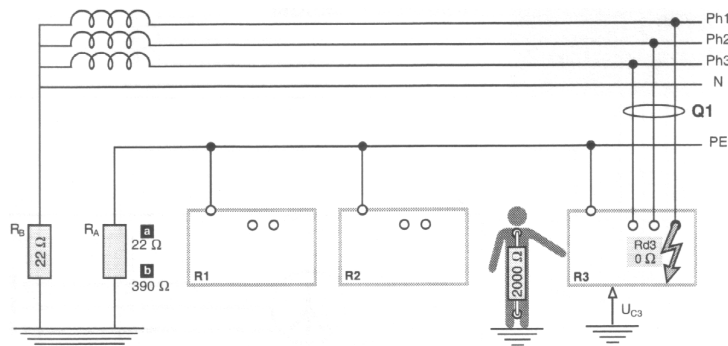


Fig. 15. Varianta TT, schema electrică – măsurarea periodică a prizelor de pământ

3. Se reglează pragul declanșatorului diferențial al întreruptorului Q1 la $I\Delta n = 1A$ și $t = 250$ ms,
 4. Se pune montajul sub tensiune (se închid Q1 - se rearmează DDR dacă este necesar, Q22 și Q33).
 5. Se creează un defect în consumatorul R3, apăsând pe butonul Bp3. Întreruptorul cu declanșator diferențial Q1 se deschide - Nu este pericol. Se calculează curentul de defect I_d și se interpretează rezultatul.
- b.**
6. Se deschid toate aparatele de conectare (de la Q1 la Q33).
 7. Se înlocuiește $R_A = 22 \Omega$ cu $R_A = 390 \Omega$ (se asociază în serie rezistențe de 270Ω și 120Ω).
 8. Se pune circuitul sub tensiune, închizând Q1, Q22 și Q33.
 9. Se creează un defect în consumatorul R3, apăsând pe butonul Bp3. Întreruptorul cu DDR Q1 rămâne închis. De ce? Calculați I_d în acest caz.
 10. Se măsoară curentului de defect I_d , punând un ampermetru la locul defectului net, pe R3: $I_d = 400mA$. Pragul de acționare a declanșatorului diferențial al lui Q1 fiind reglat la $1A$, rezultă $I_d < I\Delta n$: Este deci normal ca Q1 să nu deconecteze.
 11. Se măsoară tensiunea între masa consumatorului R3 și pământ:
 $U_{C3} = 120V$ PERICOL!

Concluzie

Este deci convenabil să se controleze periodic valoarea prizei de pământ a maselor consumatorilor (R_A).

$$\text{În exemplul studiat } U_{C3} < U_L = 50V \text{ și } R_A \leq \frac{U_L}{I\Delta n \text{ reglat pentru Q1}}.$$

Protecția este deci asigurată de DDR al întreruptorului Q1 Care are reglajul la $I\Delta n = 1A$, numai dacă $R_A < 50V/1A = 50\Omega$.

Experimentul 7
Riscul de incendiu.

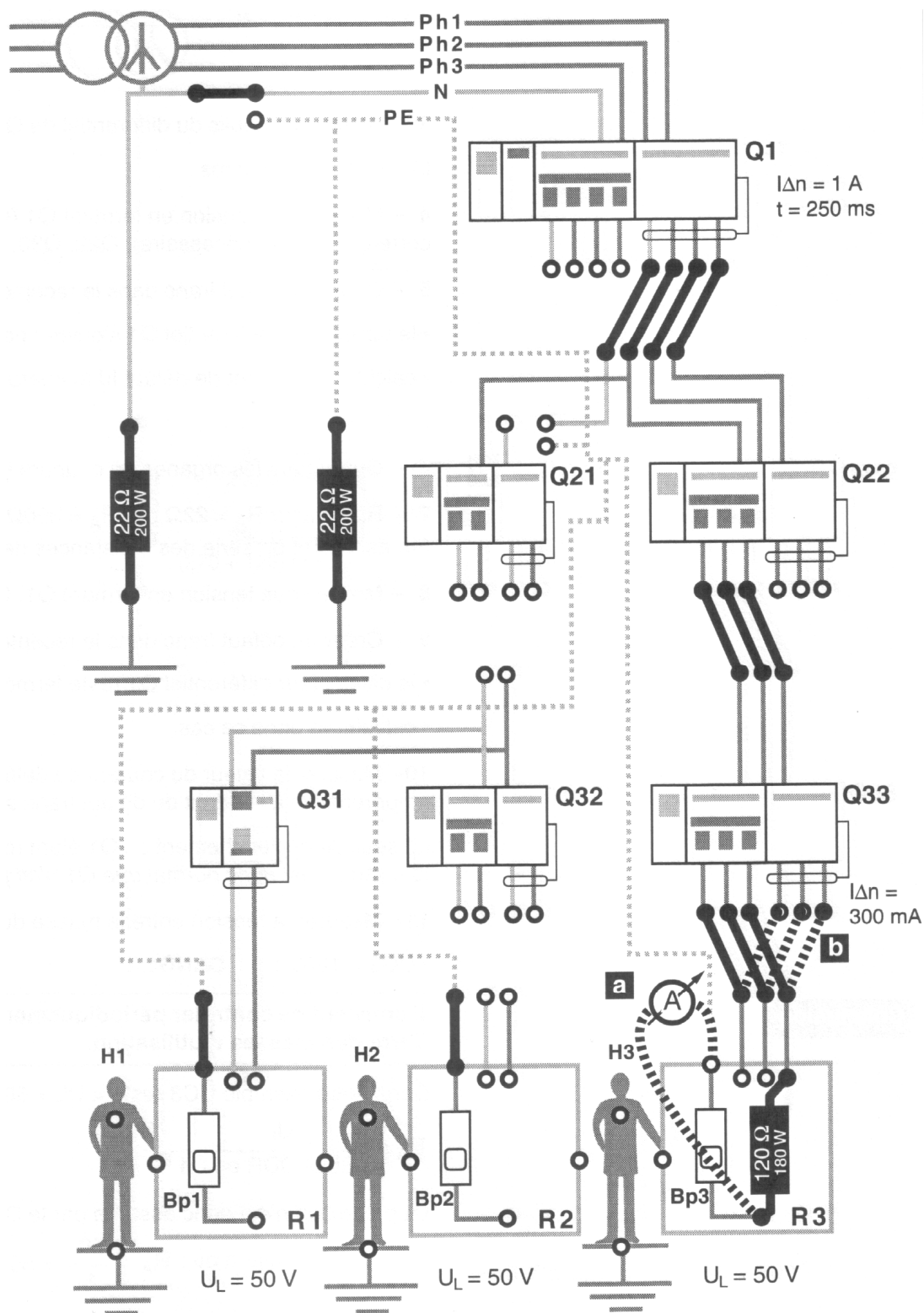


Fig. 16. Varianta TT – riscul de incendiu

- a. 1. Se deschid toate aparatele de conectare (de la Q1 la Q33).
2. Se realizează montajul din fig.16 cu schema echivalentă din Fig. 17.

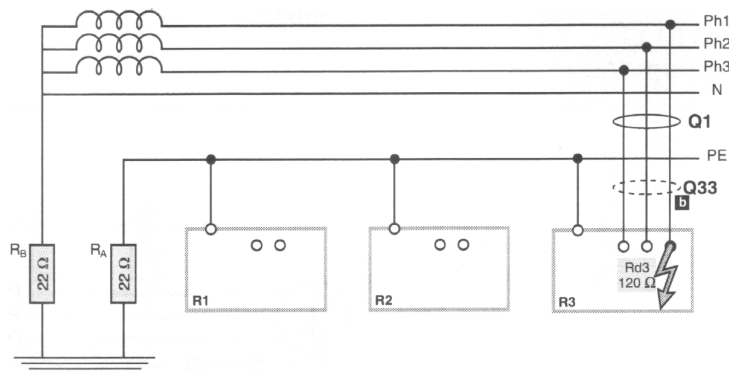


Fig. 17. Varianta TT, schema electrică echivalentă – riscul de incendiu

3. Se reglează pragul declanșatorului diferențial al întreruptorului Q1 la $I_{\Delta n} = 1A$ și $t = 250$ ms.
4. Se pune montajul sub tensiune (se închid Q1, Q22 și Q33).
5. Se creează un defect în consumatorul R3, apăsând pe butonul Bp3, **prin scurtcircuitarea rezistenței de 120 Ω.**
Întreruptorul cu declanșator diferențial Q33 nu se deschide.
Se calculează curentul de defect I_d .
6. Se conectează un ampermetru la bornele lui Bp3 și se măsoară curentul de scăpări în pământ: $I_d = 800$ mA: PERICOL de INCENDIU!! Deoarece $I_d > 500$ mA.
(500 mA este curentul limită începând de la care se produce incandescența unui punct de contact dintre două piese conductoare)
- b. 7. Se debranșează ampermetrul.
8. Se deschide Q33.
9. Se conectează R3 prin Întreruptorul Q33 cu declanșator diferențial, cu sensibilitatea reglată la $I_{\Delta n} = 300$ mA.
8. Se pune circuitul sub tensiune, închizând Q33.
9. Se creează un defect în consumatorul R3, apăsând pe butonul Bp3, **prin scurtcircuitarea rezistenței de 120.**
Întreruptorul cu DDR Q33 se deschide.

Concluzie

Receptoarele plasate în zone cu risc de incendiu trebuie protejate cu întreruptoare cu declanșatoare diferențiale cu reglaj $I_{\Delta n} \leq 300$ mA.

Alta manevră posibilă

Se măsoară tensiunile de contact U_{C1} , U_{C2} și U_{C3} . $U_C = 18$ V nu reprezintă pericol pentru operatori.

Experimentul 8
Consumatori mobili.

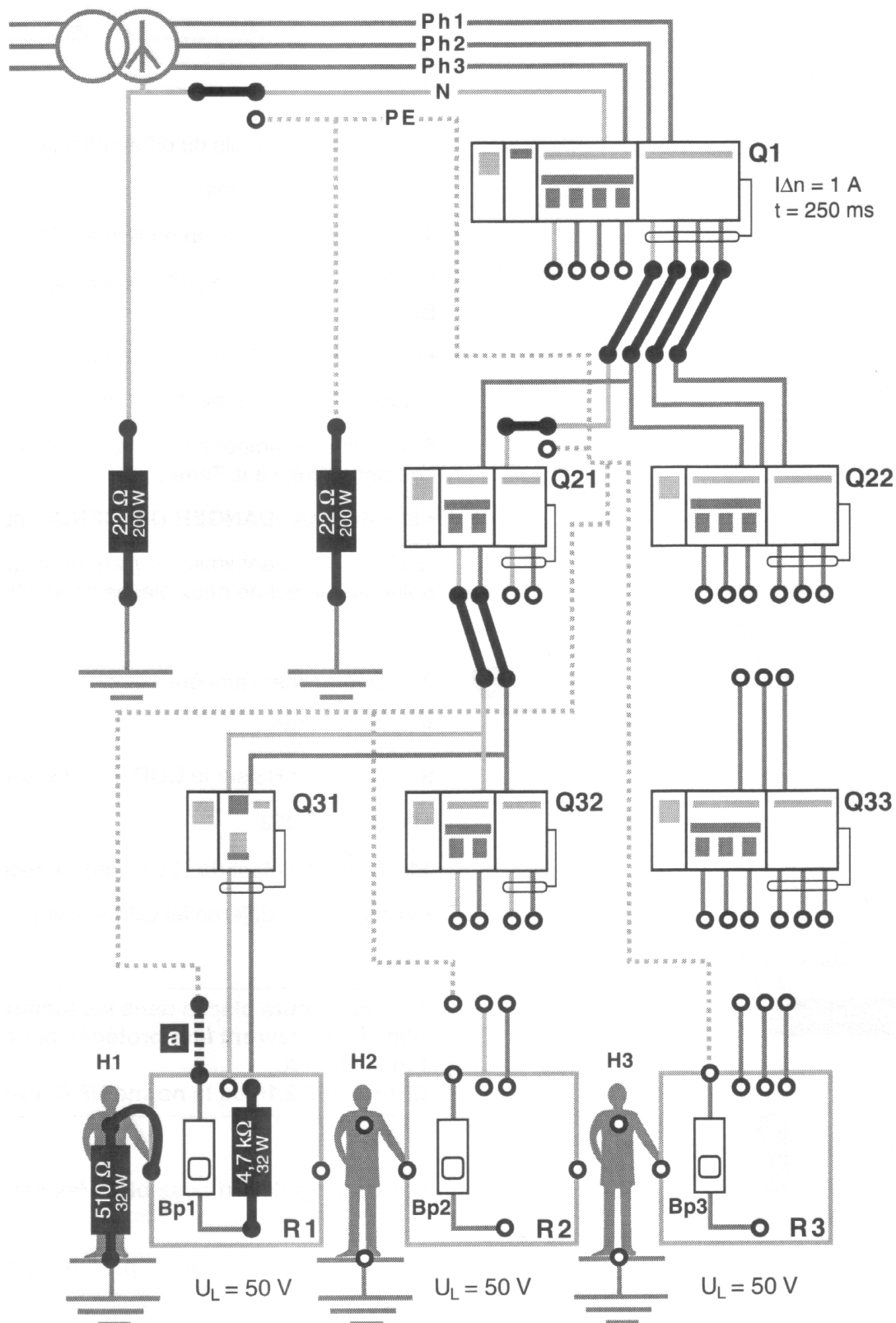


Fig. 18. Varianta TT – consumatori mobili

- a. 1. Se deschid toate aparatele de conectare (de la Q1 la Q33).
2. Se realizează montajul din fig.18 cu schema echivalentă din fig.19.

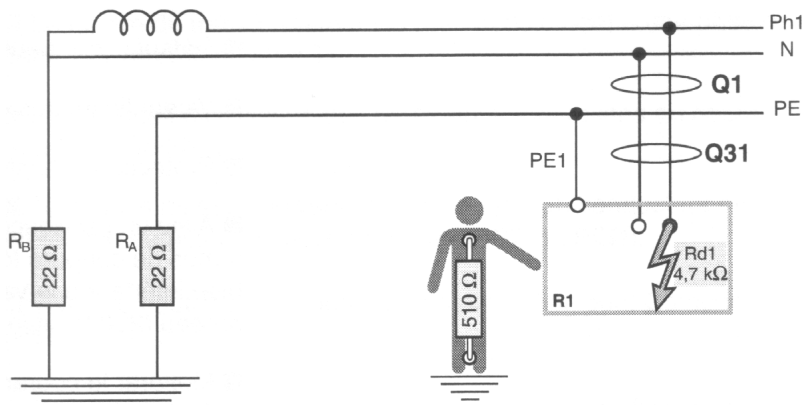


Fig. 19. Varianta TT, schema electrică echivalentă – consumatori mobili

3. Se pune montajul sub tensiune (se închid Q1, Q21 și Q31).
 4. Se creează un defect în consumatorul R1, apăsând pe butonul Bp1, prin scurtcircuitarea rezistenței de $4,7\Omega$.
Întrerupătorul cu declanșator diferențial Q31 se deschide; Există deci protecție
Se calculează curentul de defect I_d .
- b.
5. Se suprimă punerea la pământ a masei receptorului R1, desfăcând legătura PE1 (simulare pentru deteriorarea cablului).
 6. Schema echivalentă din Fig. 20.

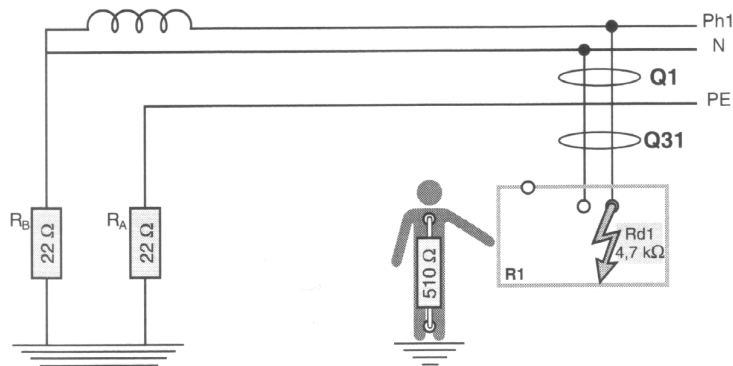


Fig. 20. Varianta TT (fără PE1), schema electrică echivalentă – consumatori mobili

7. Se creează un defect în consumatorul R1, apăsând pe butonul Bp1, prin scurtcircuitarea rezistenței de $4,7\Omega$.
Întrerupătorul cu declanșator diferențial Q31 ($I_{\Delta n} = 10\text{mA}$) se deschide; Există deci protecție
Se calculează curentul de defect I_d .

Concluzie

Un declanșator diferențial cu pragul de numai 10mA asigură protecția persoanelor chiar și în cazul întreruperii conductorului de punere la pământ a receptoarelor mobile.

Observație

Se impune deci folosirea de întreruptoare cu declanșatoare diferențiale foarte sensibile pentru consumatorii mobili, cu condiția să aibă curentul nominal $\leq 32\text{A}$

Alte experimente posibile pentru legătura la pământ TT

Cazul unei mase depărtate și care nu este interconectată
Defect pe conductorul neutru
Valoare limită pentru declanșarea prin DDR
Protecție selectivă orizontală

Cu un osciloscop numeric, se înregistrează valoarea lui U_C și timpul de deconectare în cazul unui defect și se verifică dacă acest timp rămâne inferior valorii fixate de norme pentru tensiunea rețelei (230) și condițiile de exploatare date.

Masurarea curentului care traversează operatorul în prezența defectului.

SCHEMA DE LEGARE LA PAMANT TN

- **Neutrul transformatorului** este legat direct la o priză de pământ R_B (justificarea primei litere T din notația TT).
- **Masele consumatorilor** sunt legate la neutru (justificarea literei N din notația TT).
- Toate masele trebuie legate între ele printr-un conductor de protecție și apoi legate la neutrul pus la pământ (PE sau PEN).

Varianta 1:

TNC – este situația în care neutrul și conductorul de protecție sunt unul și același (Confundate), adică aceeași situație cu notația PEN.

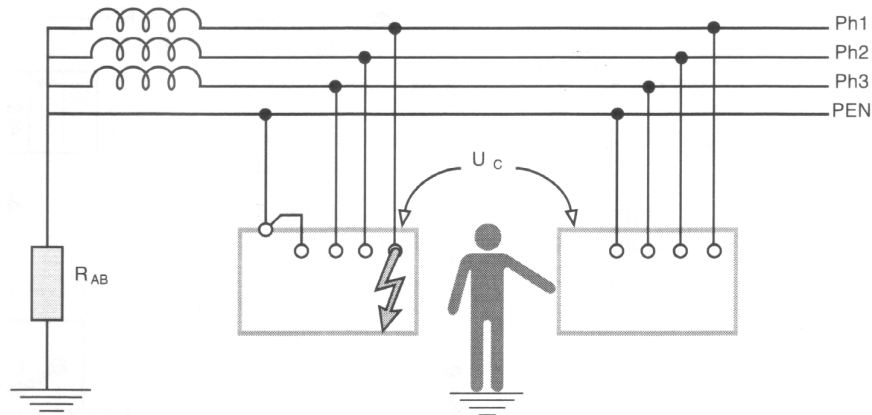


Fig. 21. Varianta TNC

Schema este interzisă în următoarele situații:

- Dacă $S < 10 \text{ mm}^2$
- În aval de TNS
- În aval de DDR
- Pentru legături electrice mobile

Varianta 2:

TNS – este situația în care neutrul și conductorul de protecție sunt Separate.

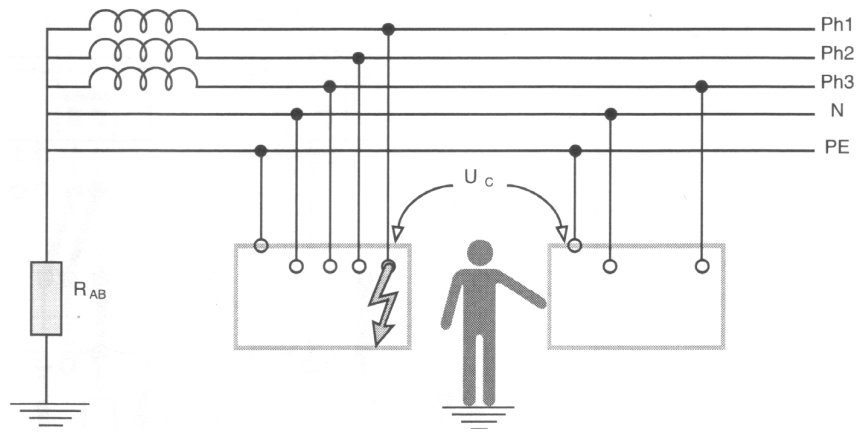


Fig. 22. Varianta TNS

Schema este obligatorie în următoarele situații:

- Dacă $S \leq 6\text{mm}^2$
- TNC în amonte de TNS
- TNS în circuite terminale
- **Declanșare la primul defect**

Experimentul 1

Un defect la masă determină un curent de scurtcircuit eliminat de întreruptoarele clasice.

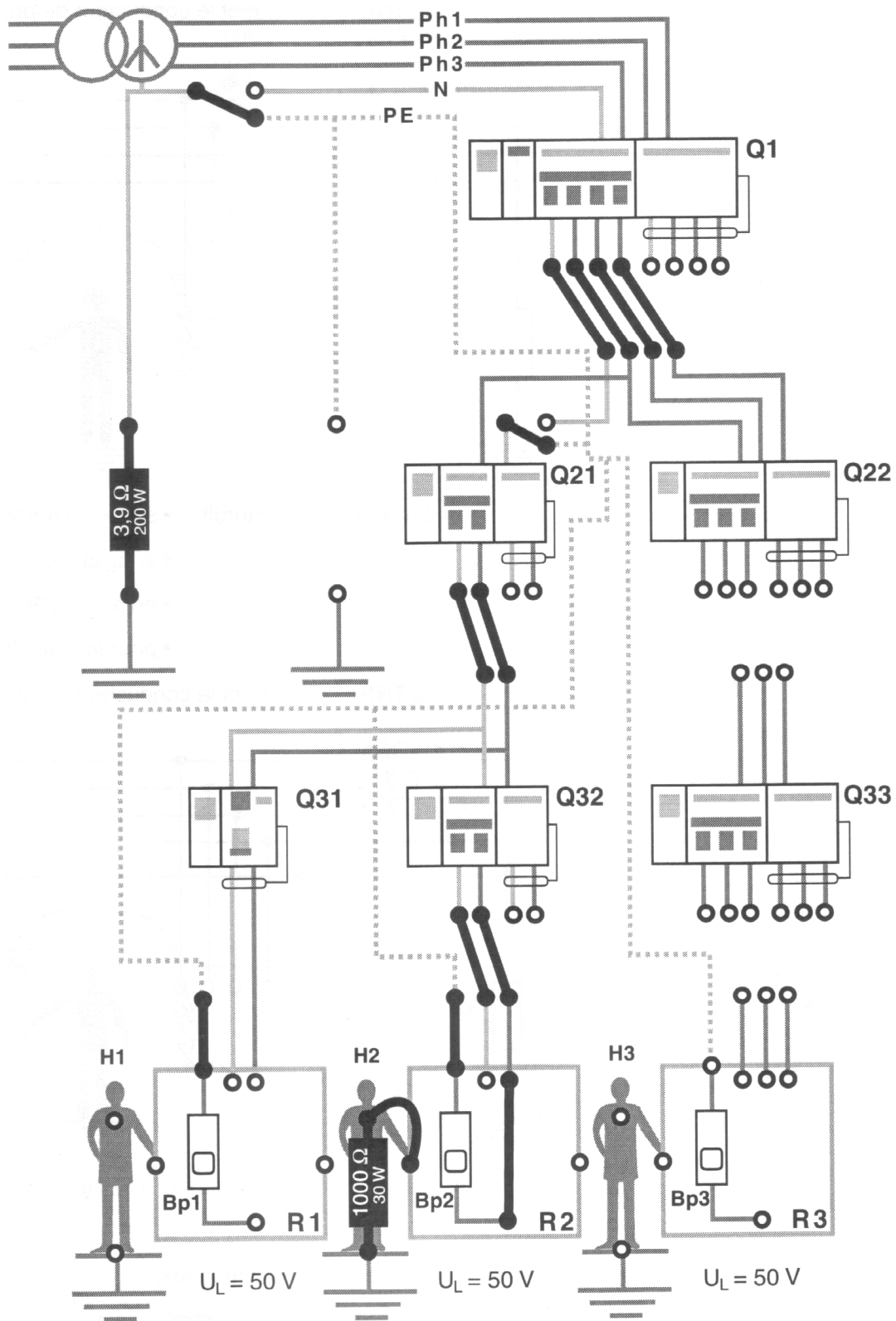


Fig. 23. Schema de legare la pământ TNC

Montaj TNC

1. Se deschid toate aparatele de conectare (de la Q1 la Q33).
2. Se realizează montajul corespunzător Fig. 23 cu schema echivalentă din Fig. 24

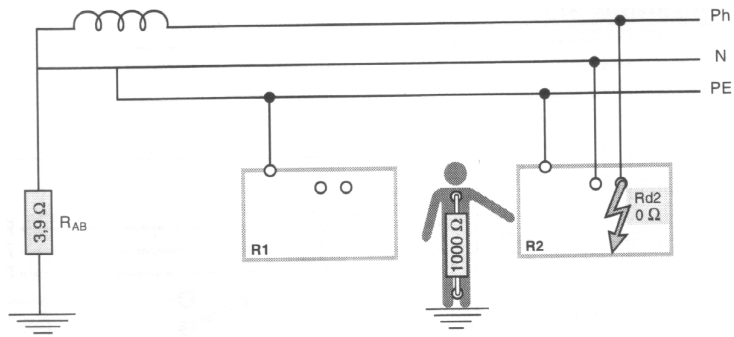


Fig. 24. Varianta TNC, schema electrica echivalenta

3. Se pune montajul sub tensiune (se închid Q1, Q21 și Q32).
4. Se creează un defect net în consumatorul R2 apăsând pe butonul Bp2.

Întreruptorul Q32 deconectează: Nu este pericol
(Q21 și Q1 pot și ele să deconecteze eventual)

În caz de defect net, curentul de defect I_d este determinat de impedanța buclei de curent Z_d :

$$I_d = \frac{133V}{Z_d} \cdot 0,8$$

Z_d este foarte mic, deci curentul I_d este mare.

Concluzie

În schema de legare la pământ TN, defectul la masă determină un curent de scurtcircuit eliminat de protecția clasică (întreruptoare).

Tensiunile de contact nu sunt periculoase deoarece întreruperea este instantanee.

Experimentul 2

Un întrerupător dat permite asigurarea protecției în orice caz?

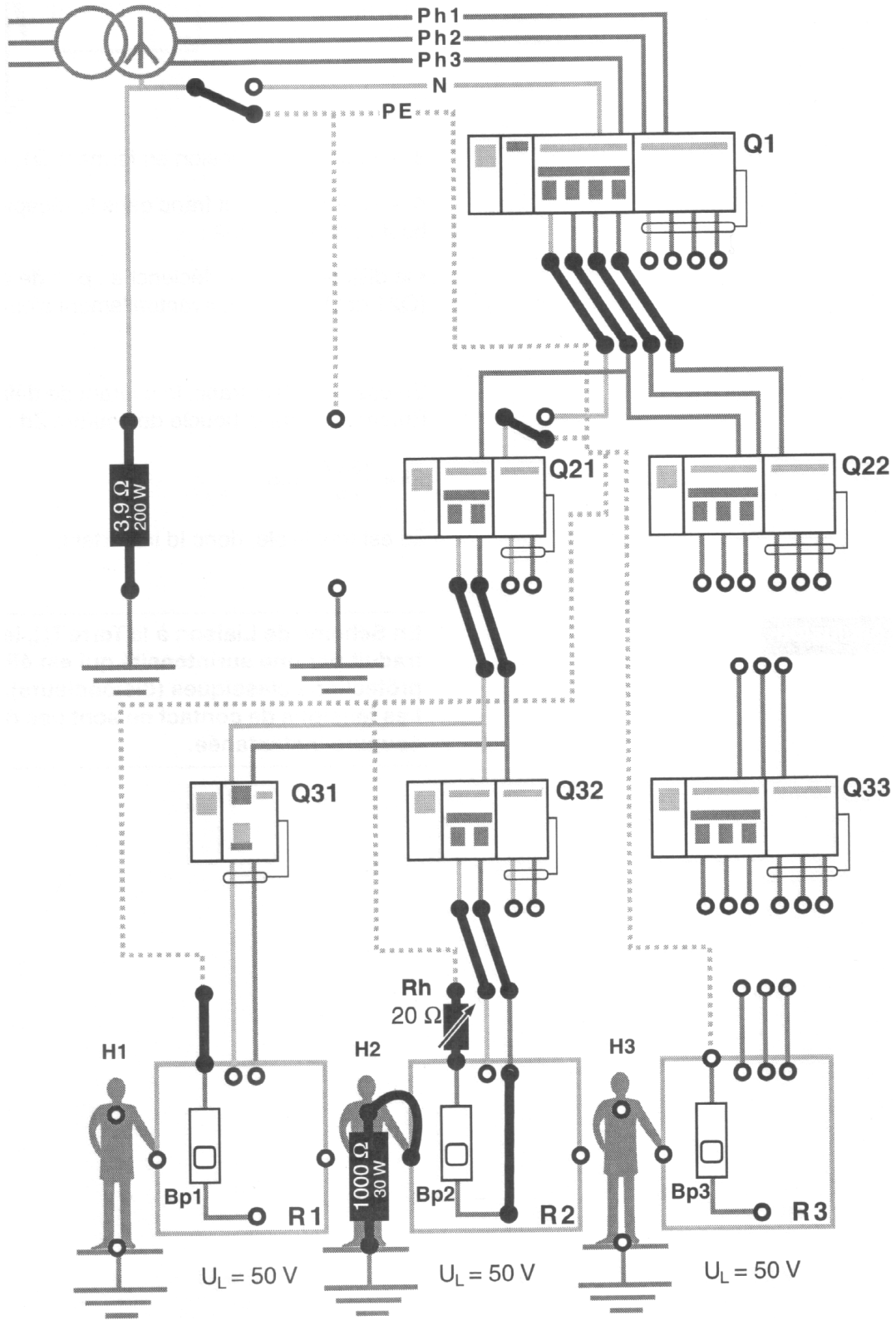


Fig. 25. Schema de legare la pamant TNC

Montaj TNC

1. Se deschid toate aparatele de comutație (de la Q1 la Q33).
2. Se realizează montajul din fig. 25 cu schema echivalentă din fig. 26.

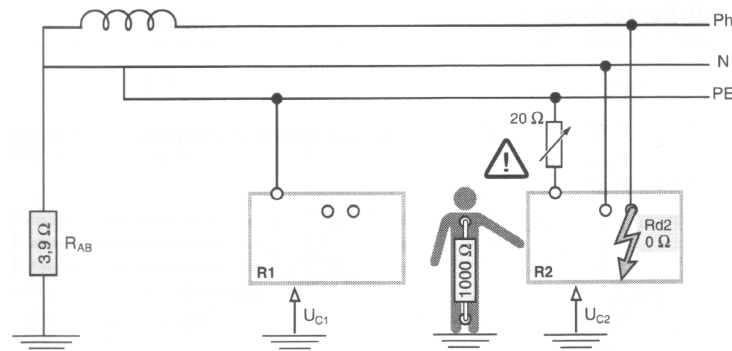


Fig. 26. Varianta TNC, schema electrica echivalenta

Notă: rezistența variabilă de 20Ω simbolizează rezistența unui conductor lung de punere la pământ (materializat aici prin reostat).

3. Se pune montajul sub tensiune (se închid Q1, Q21 și Q32).
4. Se creează un defect net în consumatorul R2, apăsând pe butonul Bp2.

Înteruptorul Q32 nu deconectează.

Se calculează curentul de defect I_d și se folosește caracteristica de protecție din anexă (capitolul3).

5. Se măsoară tensiunile între masele consumatorilor R1, respectiv R2 și pământ:

$$U_{C1}=U_{C2} =125V \text{ PERICOL! Deoarece tensiunile de contact } U_{C1} \text{ și } U_{C2} \text{ sunt mai mari decât } U_L=25V$$

A se vedea timpul de deconectare în tabelul 48A de la sfârșitul acestui capitol (Schema de legare la pământ NT)

Concluzii

- Apariția unui defect pe un conductor lung provoacă creșteri de potențial periculoase.
- Înteruptorul cu declanșatoare termice și electromagnetice nu asigură protecția contra contactelor indirecte, în cazul unor conductoare de alimentare lungi.
- Un înteruptor cu declanșatoare termice și electromagnetice asigură protecția contra contactelor indirecte, numai în situația în care conductoarele de alimentare a consumatorilor nu sunt prea lungi.

$$L \leq \frac{0.8 \cdot 127 \cdot S_f}{\rho \cdot (1+m) \cdot I_m}$$

$\rho = 22.5 \cdot 10^{-6} \Omega \text{mm}^2$ rezistivitatea cuprului

$m = S_f / S_{pe}$ raportul secțiunilor transversale ale conductorului pe fază, respectiv conductorului PE.

I_m – curentul [A] care asigură funcționarea declanșatorului electromagnetic al înteruptorului.

Experimentul 3

Ce trebuie făcut dacă nu sunt satisfăcute condițiile de protecție?

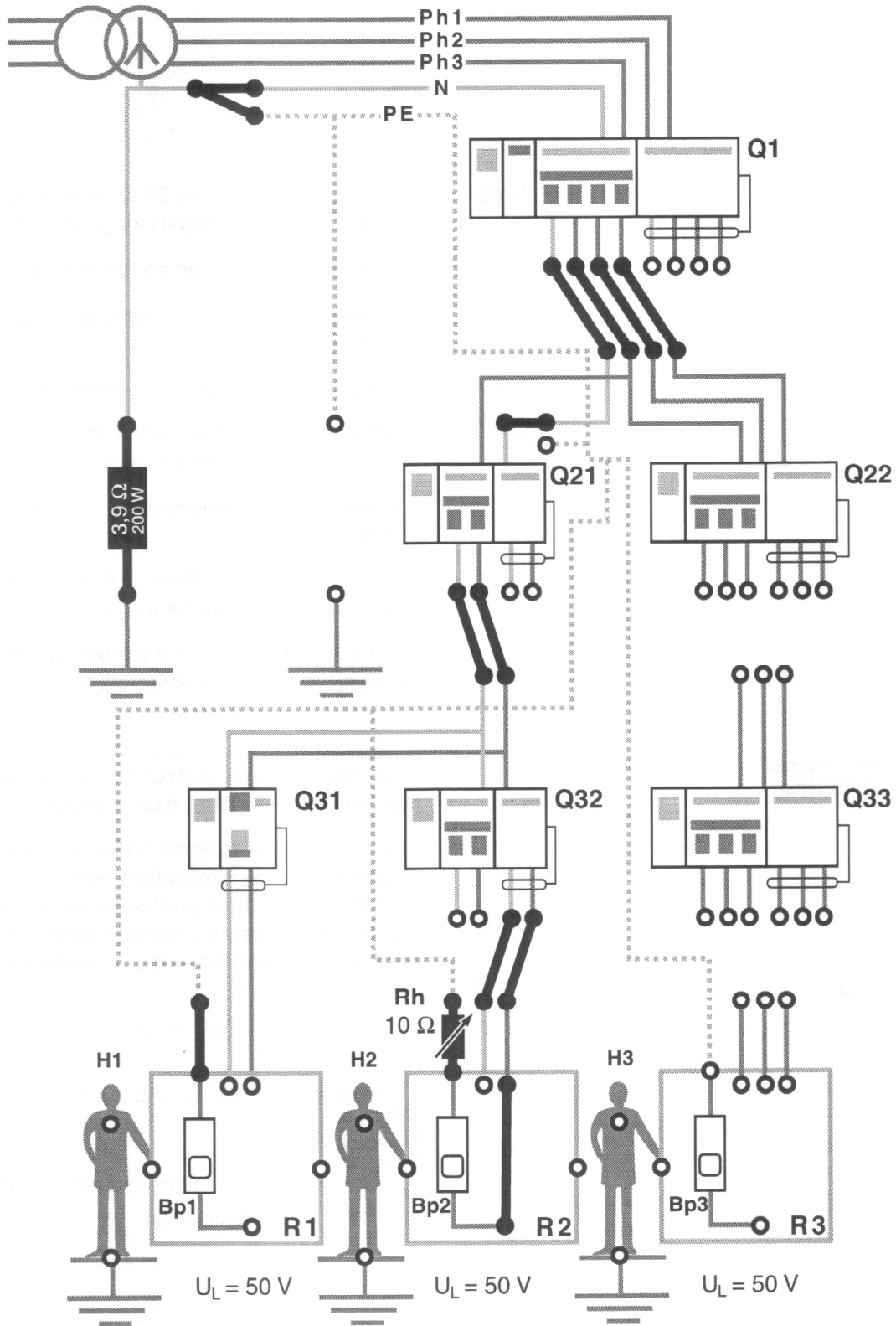


Fig. 27. Schema de legare la pamant TNS

Montaj TNS

1. Se deschid toate aparatele de conectare (de la Q1 la Q33).
2. Se realizează montajul din fig. 27 (pentru rezistența de $20\ \Omega$ se folosește reostatul) cu schema echivalentă din fig. 28.

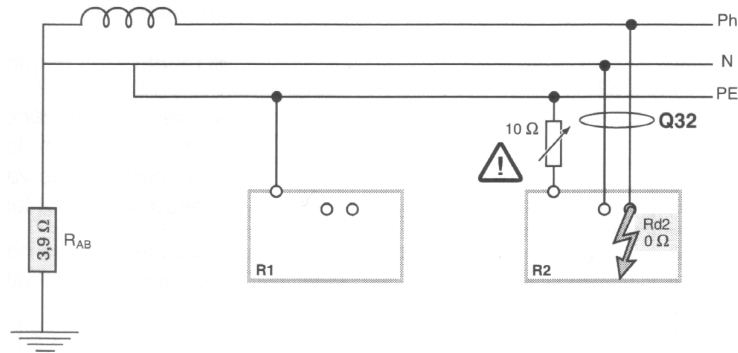


Fig. 28. Varianta TNC, schema electrica echivalenta

3. Se pune montajul sub tensiune (se închid Q1, Q21 și Q32).
4. Se creează un defect net în consumatorul R2, apăsând pe butonul Bp2.
Întreruptorul cu declanșator diferențial Q32 deconectează instantaneu.
Nu există pericol!

Concluzie

Dacă lungimea conductoarelor este prea mare pentru a fi asigurată protecția numai cu întreruptoare clasice (cu declanșatoare termice și electromagnetice) se pot lua următoarele măsuri:

- Se crește secțiunea conductorului PE;
- sau se folosește un întreruptor de tip B;
- sau se instalează un întreruptor cu declanșatoare diferențiale.

Notă. Un declanșator diferențial cu pragul mai mic de 300 mA este necesar pentru alimentarea zonelor cu pericol de incendiu.

Alte experimente posibile pentru legătura la pământ TN

Punerea în evidență a riscului de incendiu (DDR obligatorii în anumite cazuri)
Punerea în evidență a riscului reprezentat de întreruperea conductorului PE.

Cu un osciloscop numeric, se înregistrează valoarea lui U_C și timpul de deconectare în cazul unui defect și se verifică dacă acest timp rămâne inferior valorii fixate de norme pentru tensiunea rețelei (230) și condițiile de exploatare date.

În tabele se dau valorile duratelor maxime de menținere a tensiunii de contact conform normelor în vigoare.

Schema de legare la pământ TN pentru $U_L=50V$

Tensiunea nominală U_0 [V]	Timpul de deconectare [s]
120-127	0,8
220-230	0,4
380-400	0,2
>400	0,1

Schema de legare la pământ TN pentru $U_L=25V$

Tensiunea nominală U_0 [V]	Timpul de deconectare [s]
120-127	0,35
220-230	0,2
380-400	0,05
>400	0,02

U_0 [V] este tensiunea de fază (între fază și neutru)

SCHEMA DE LEGARE LA PAMANT IT

- **Neutru transformatorului** este izolat de pământ (justificarea primei litere I din notația IT).
- **Masele consumatorilor** sunt legate direct la o priză de pământ R_A (justificarea celei de-a doua litere T din notația IT).
(Dacă rezistența prizei de pământ este mai mică de 1Ω , este bine ca masele și neutru să se lege la aceasta priză de pământ).

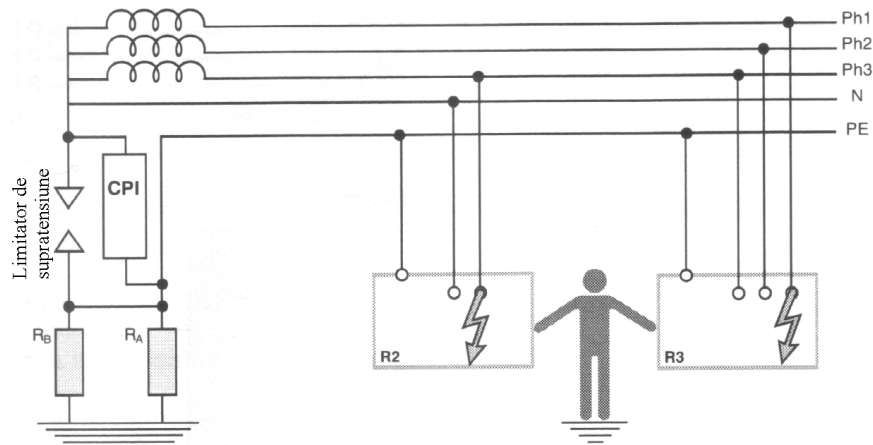


Fig. 29. Fig. 1. Schema simplificată, declanșare la primul defect

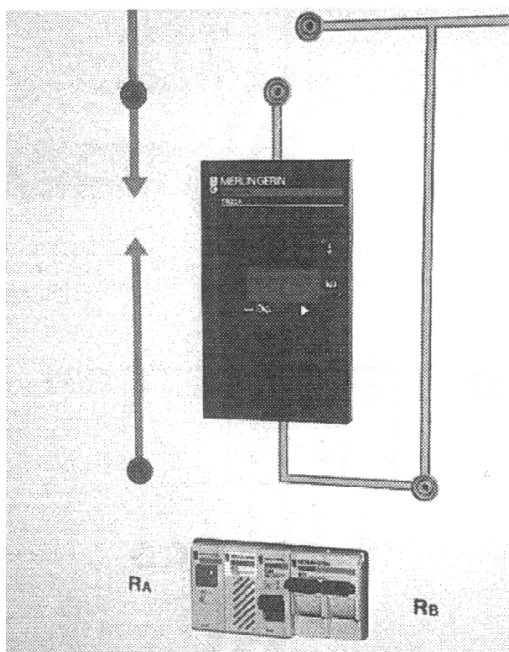


Fig. 30. Punerea sub tensiune a CPI

Semnalizare la primul scurtcircuit.

Deconectare la al doilea scurtcircuit între două faze.

- **Punerea în funcțiune și reglajul Controlorului Permanent al Izolației (CPI);**
- Se realizează legarea în circuit al CPI (Fig. 29);
- Se pune CPI sub tensiune închizând întreruptorul situat dedesubtul acestuia (Fig. 30);
- Se reglează CPI la 700Ω utilizând notițele tehnice ale echipamentului.

Notă: Dacă priza de pământ a maselor este separată de masele de utilizare, este obligatorie folosirea unui declanșator diferențial DDR pe fiecare grup de mase.

Experimentul 1

Interconectarea și legarea la pământ a maselor sunt condiții necesare și suficiente pentru protecția în cazul primului scurtcircuit.

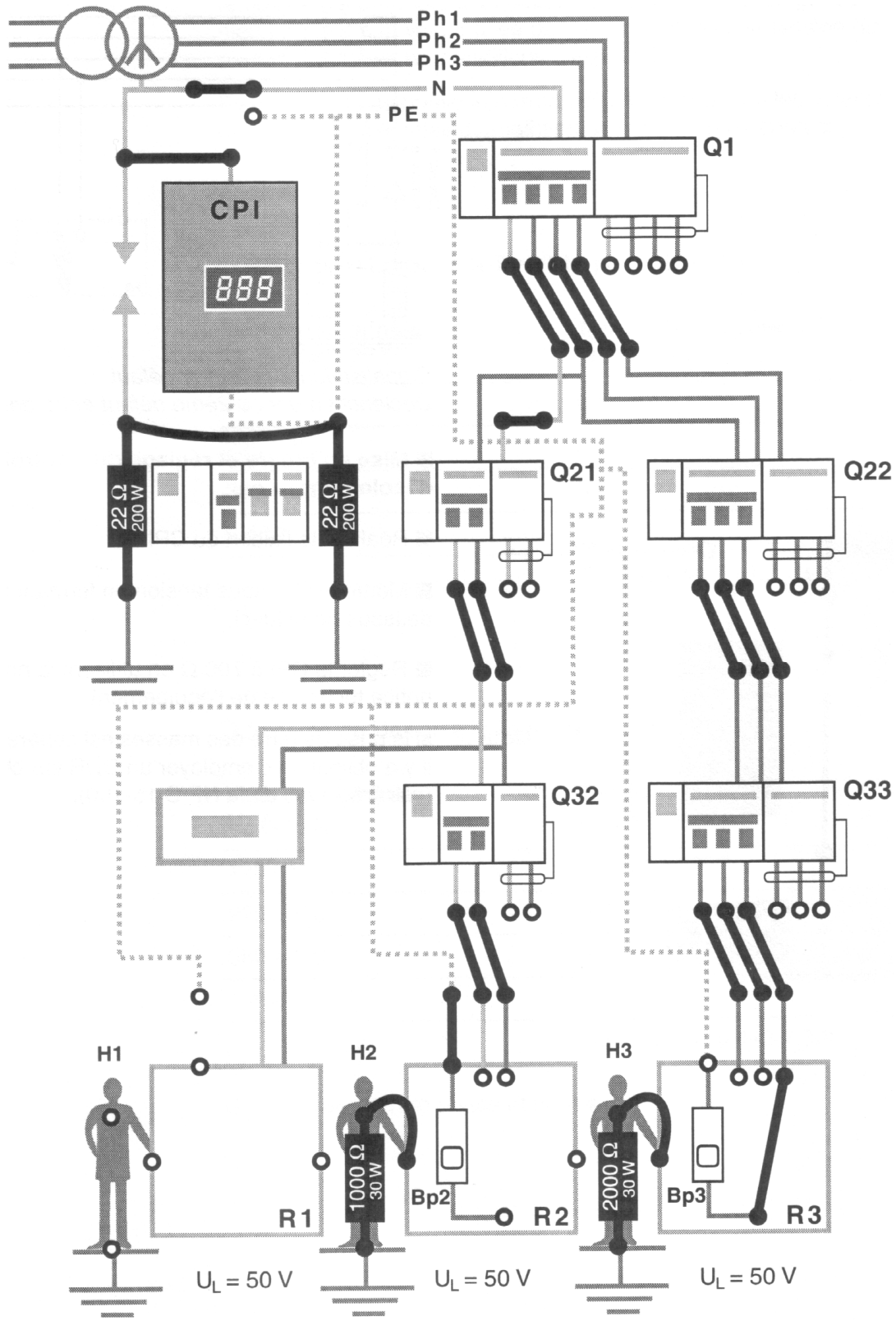


Fig. 31. Schema de legare la pământ IT

- c. 1. Se deschid toate aparatele de conectare (de la Q1 la Q33).
2. Se realizează montajul din Fig. 31 cu schema echivalentă din Fig. 32.

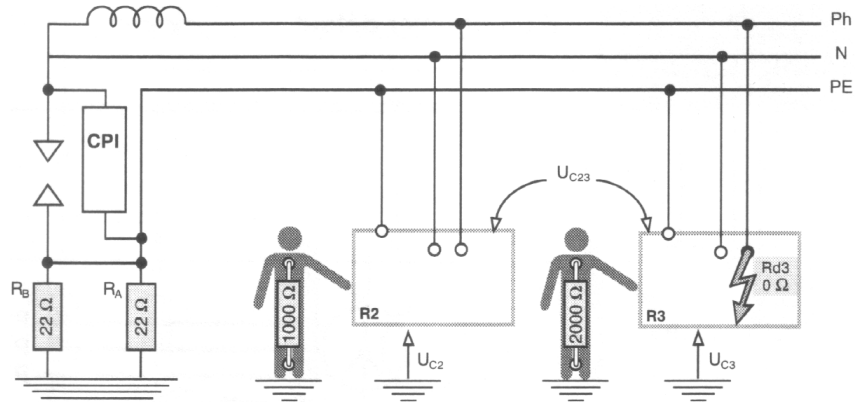


Fig. 32. Varianta IT, schema electrica echivalenta

3. Se pune montajul sub tensiune (se închid Q1, Q21, Q22, Q32 și Q33).
4. Se creează un scurtcircuit net în consumatorul R3 apăsând pe butonul Bp3.
 - a. Se aprinde semnalizatorul CPI;
 - b. Funcționează semnalizarea sonoră.
5. Se măsoară tensiunea între masa consumatorului R2 și pământ
 $U_{C2} = 0 \text{ V}$: Nu există PERICOL!
6. Se măsoară tensiunile între:
 - masa consumatorului R3 și pământ:
 $U_{C3} = 0 \text{ V}$: Nu există PERICOL!
 - Măinile operatorului H3 (masele consumatorilor R2 și R3)
 $U_{C23} = 0 \text{ V}$: Nu există PERICOL!

Concluzii:

La apariția primului scurtcircuit, chiar dacă este net, nu există pericol.

Deconectarea nu este deci necesară la primul scurtcircuit, dar trebuie totuși prevăzut un dispozitiv care să controleze izolația rețelei și să semnalizeze apariția unui prim scurtcircuit.

Notă. În schema IT și în caz de prim scurtcircuit, impedanța Z_d a buclei în care se închide curentul de scurtcircuit este formată, în principal, de impedanța internă a CPI, deoarece lungimea cablurilor este nesemnificativă ($Z_{internă}$ a CPI $\approx 128 \text{ k}\Omega$).

Experimentul 2

Controlul permanent al izolației rețelei în raport cu pământul și semnalizarea primului scurtcircuit

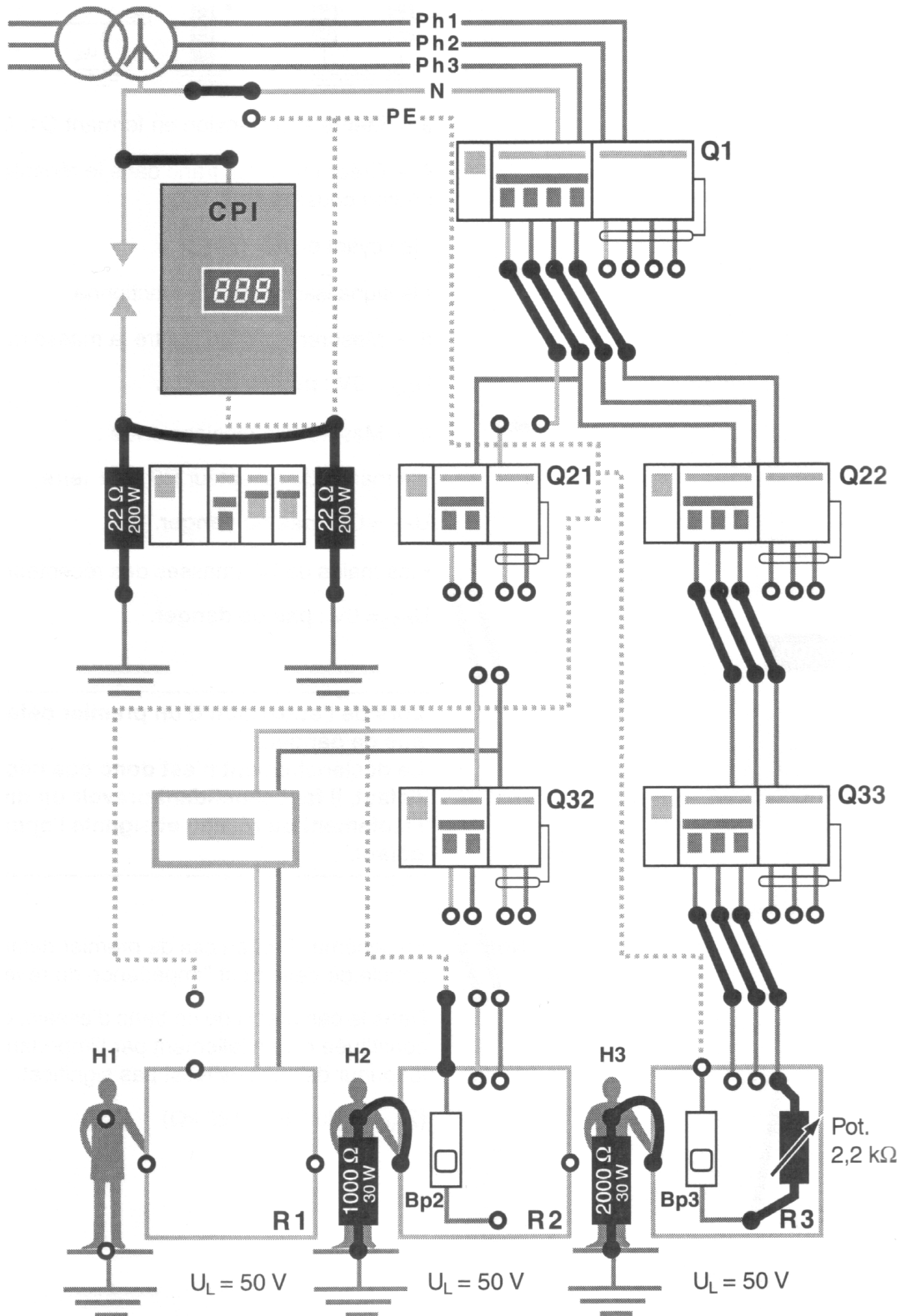


Fig. 33. Schema de legare la pământ IT

- c. 1. Se deschid toate aparatele de conectare (de la Q1 la Q33).
2. Se realizează montajul din Fig. 33 cu schema echivalentă din Fig. 34.

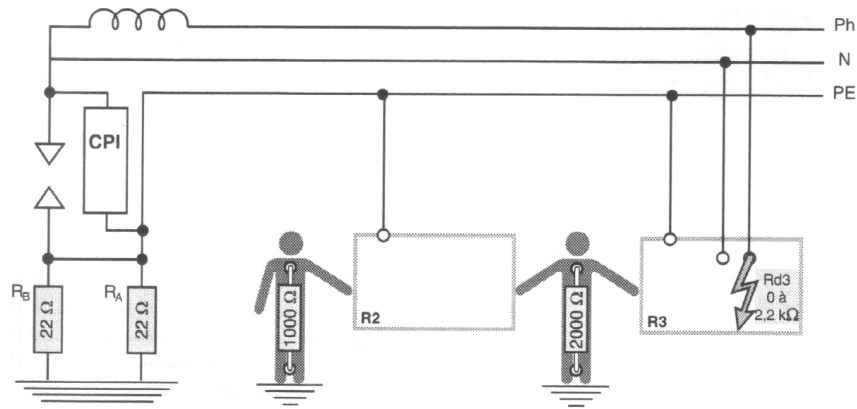


Fig. 34. Varianta IT, schema electrică echivalentă

3. Se pune sub tensiune controlorul permanent al izolației (CPI) închizând **întreruptorul (porte-fusibil) suport fuzibil** plasat sub acesta.
4. Se ajustează potențiometrul pentru $R_{d3} = 0$.
5. Se pune montajul sub tensiune (se închid Q1, Q22 și Q33).
6. Se creează un scurtcircuit net în consumatorul R3, apăsând pe butonul Bp3.
 - c. Se aprinde semnalizatorul CPI
 - d. Funcționează semnalizarea sonoră

Se calculează curentul de scurtcircuit I_d (cunoscând că $Z_{internă}$ a CPI $\approx 128k\Omega$).

6. Se măsoară tensiunile între masele consumatorilor și pământ:

$$U_{C3} = 54 \text{ V} > U_L = 50 \text{ V PERICOL!}$$

$$U_{C2} = 54 \text{ V} > U_L = 50 \text{ V PERICOL!}$$

$$U_{C1} = 54 \text{ V} > U_L = 50 \text{ V (nu acționează nici unul dintre declanșatoare),}$$

- d. 7. Se crește valoarea rezistenței de defect R_{d3} :
 - imediat ce valoarea sa depășește pragul lui CPI, (reglat inițial la 700Ω) semnalizarea dispare.
8. Se scade valoarea rezistenței de defect R_{d3} :
 - imediat ce valoarea sa devine inferioară pragului lui CPI, (reglat inițial la 700Ω) semnalizarea funcționează din nou.

Concluzie

CPI controlează în permanență izolația rețelei în raport cu pământul și semnalizează imediat ce această izolație scade sub pragul reglat (700Ω în cazul experimentului executat).

Experimentul 3

Scurtcircuit simplu: identificarea ramurii defecte prin deschiderea succesivă a diverse întreruptoare .

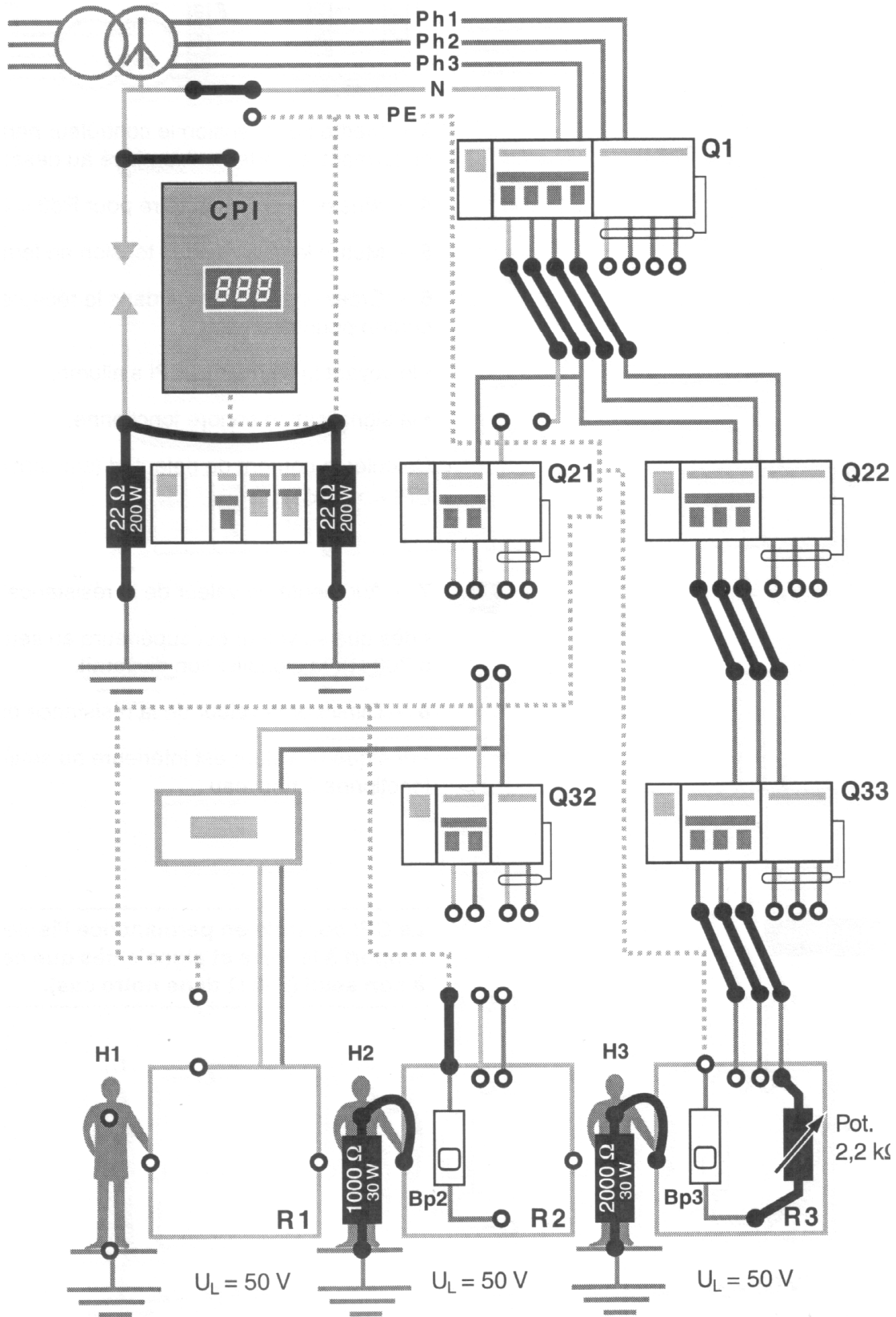


Fig. 35. Schema de legare la pământ IT

- c. 1. Se deschid toate aparatele de conectare (de la Q1 la Q33).
2. Se realizează montajul din Fig. 35 (aceeași cu cea pentru experimentul2) cu schema echivalentă din Fig. 36.

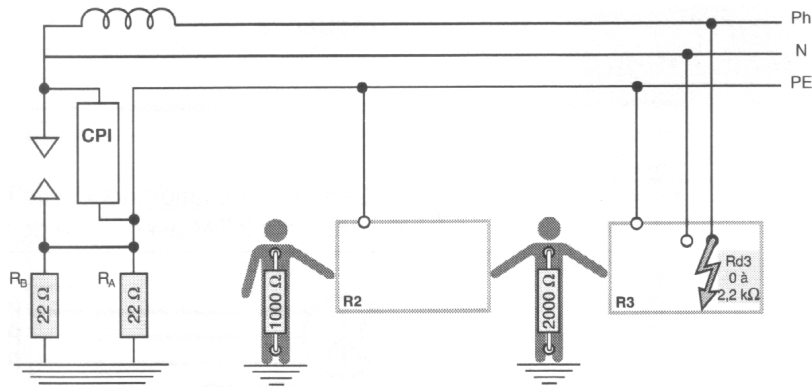


Fig. 36. Varianta IT, schema electrică echivalentă

3. Se verifică faptul că CPI este sub tensiune.
4. Se pune montajul sub tensiune (se închid Q1, Q22 și Q33).
5. Se creează un scurtcircuit în consumatorul R3, printr-o rezistență $R_{d3} < 700\Omega$ (pragul CPI) apăsând pe butonul Bp3.
 - a. Se aprinde semnalizatorul CPI;
 - b. Funcționează semnalizarea sonoră (inversor CPI poziția 2, inversor sonor poziția 3).
6. Se comută inversorul situat sub CPI:
 - c. Semnalizatorul luminos al CPI rămâne aprins;
 - d. Semnalizarea sonoră se oprește (inversor CPI poziția 2, inversor sonor poziția 4).

Notă. Acest inversor este montat ca în Fig. 37 față de contactul inversor al pragului lui CPI.

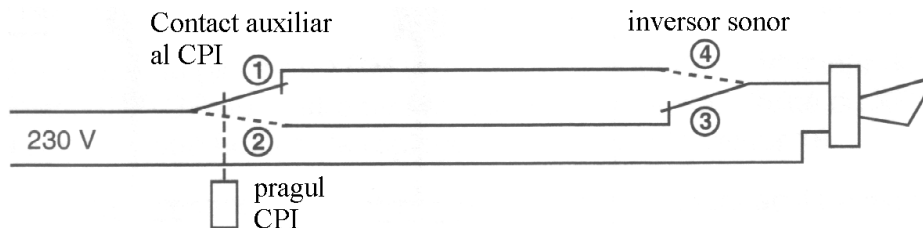


Fig. 37. Funcționarea semnalizării sonore

- d. 7. Se deschide pentru scurt timp Q22.
 - Când Q22 este deschis semnalizarea sonoră funcționează din nou
 - Scurtcircuitul s-a produs deci în aval de Q22
8. Se închide Q22. Semnalizarea sonoră se oprește.
9. Se deschide un întreruptor în aval de Q22, de exemplu Q33.
 - Când Q33 este deschis semnalizarea sonoră funcționează din nou;
 - Scurtcircuitul s-a produs deci în aval de Q33.

Concluzie: Este posibil să se localizeze defectul, deschizând succesiv fiecare întreruptor.

Când întreruptorul care alimentează scurtcircuitul este deschis, izolația rețelei crește, contactul inversor al pragului lui CPI funcționează și face să se audă semnalizarea sonoră.

Această metodă prezintă totuși inconvenientul întreruperii momentane a alimentării cu energie. În întreprinderi care lucrează „cu foc continuu” o întrerupere chiar scurtă a fiecărei linii de alimentare este intolerabilă, deci trebuie găsită altă soluție.

Experimentul 4

Scurtcircuit simplu: identificarea ramurii defecte prin injecția de curent alternativ de foarte joasă frecvență

Atenție! Această manevră necesită folosirea unui aparat care nu este furnizat împreună cu echipamentul (Afișaj XRM cu clește (transformator de măsură) de curent).

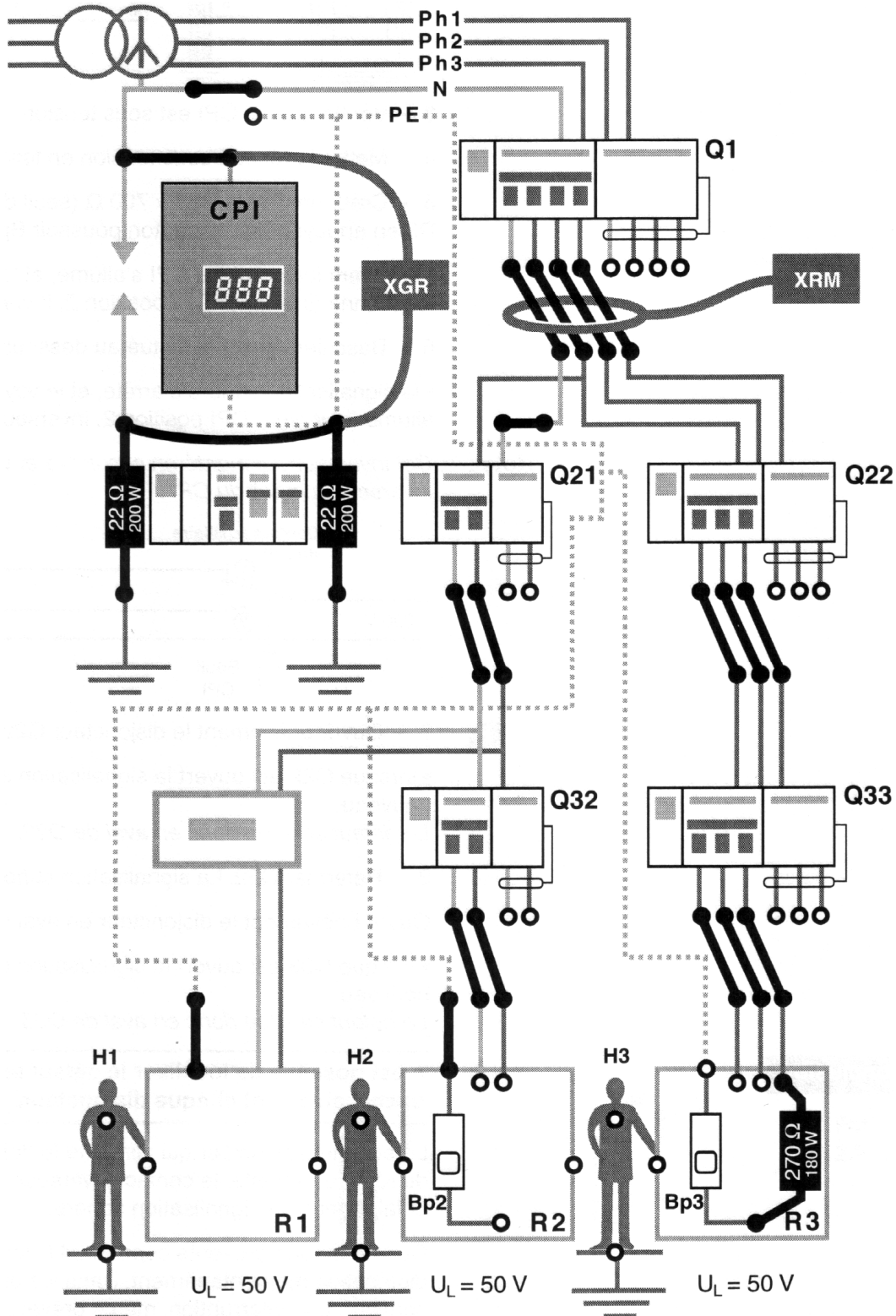


Fig. 38. Schema de legare la pământ IT

1. Se deschid toate aparatele de conectare (de la Q1 la Q33).
2. Se realizează montajul din Fig. 38 cu schema echivalentă din Fig. 39.

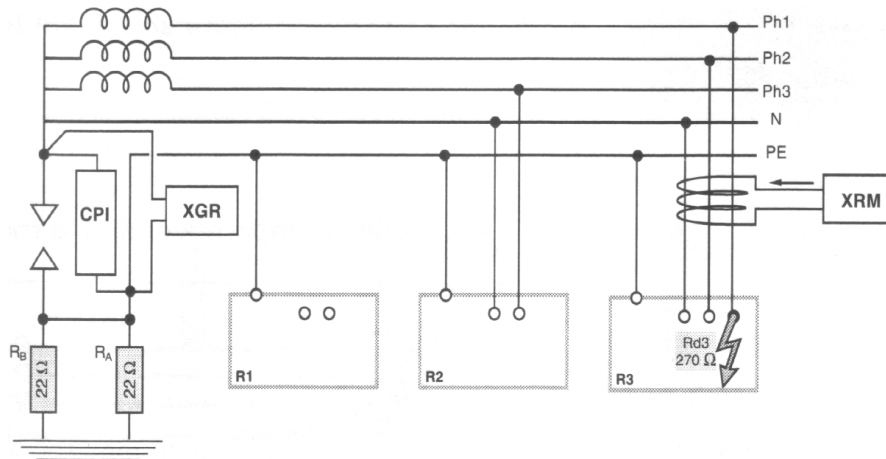


Fig. 39. Varianta IT, schema electrică echivalentă

3. Se brânșează aparatul Vigidix portativ XGR între cele două borne ale CPI (neutrul rețelei și pământ).
4. Se verifică dacă CPI este sub tensiune și se alimentează XGR.
5. Se pune montajul sub tensiune (se închid Q1, Q21, Q22, Q32 și Q33).
6. Se creează un scurtcircuit în consumatorul R3, printr-o rezistență de putere $R_{d3} = 270\Omega$ ($< 700\Omega$ pragul CPI) apăsând pe butonul Bp3.
 - e. Se aprinde semnalizatorul CPI
 - f. Funcționează semnalizarea sonoră
7. Se comută inversorul situat sub CPI:
 - g. Semnalizatorul luminos al CPI rămâne aprins;
 - h. Semnalizarea sonoră se oprește .

Experimentul 5

Defect dublu: scurtcircuit net pe R2 (faza 2) și scurtcircuit net pe R3 (faza 1)- protecția prin întreruptor este insuficientă în cazul liniilor lungi.

Atenție! Se utilizează neapărat reostatul!

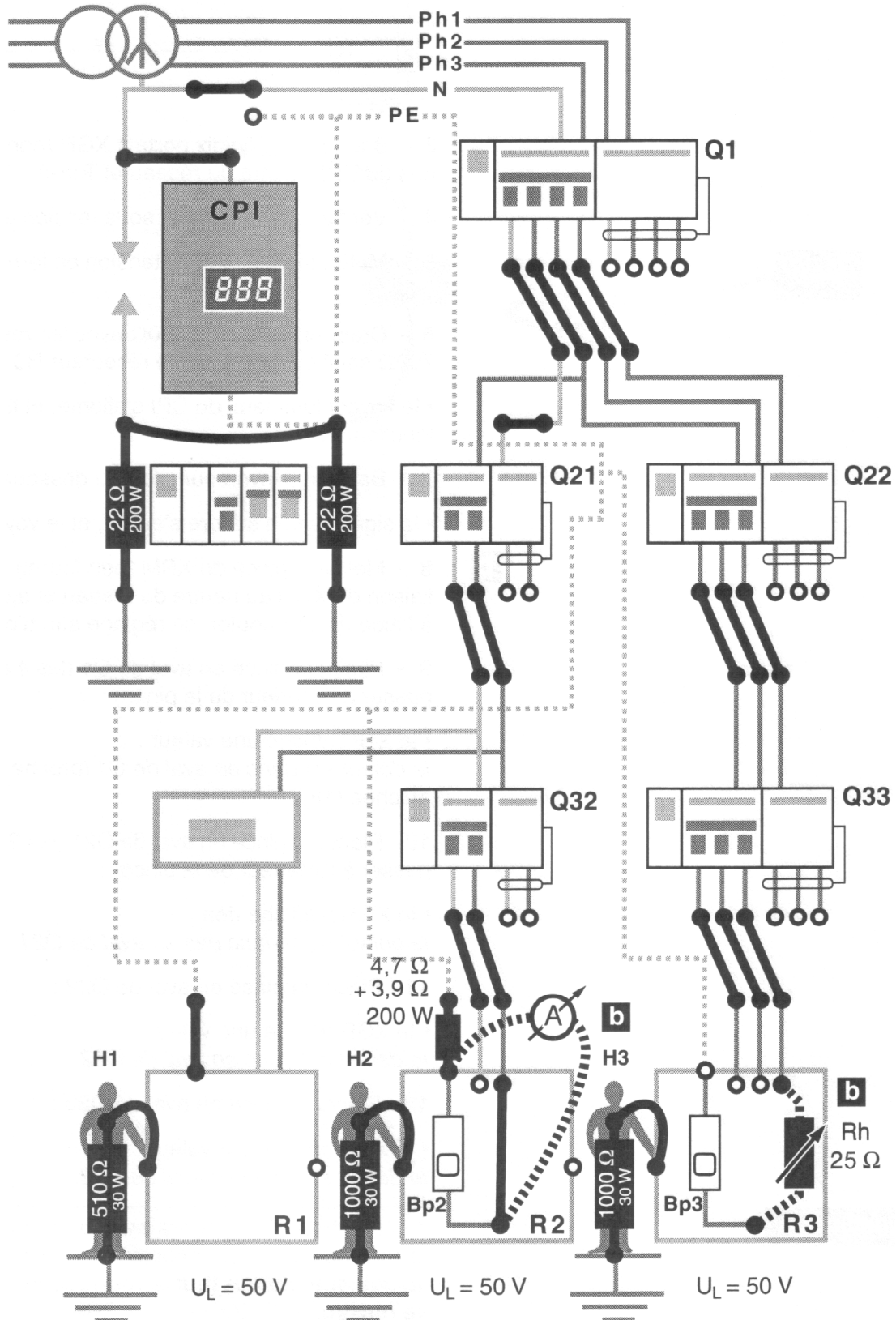


Fig. 40. Schema de legare la pământ IT

- d. 1. Se deschid toate aparatele de conectare (de la Q1 la Q33).
 2. Se realizează montajul din Fig. 40 cu schema echivalentă din Fig. 41.
 Se utilizează reostatul pentru $R_{d3} = 25 \Omega$.

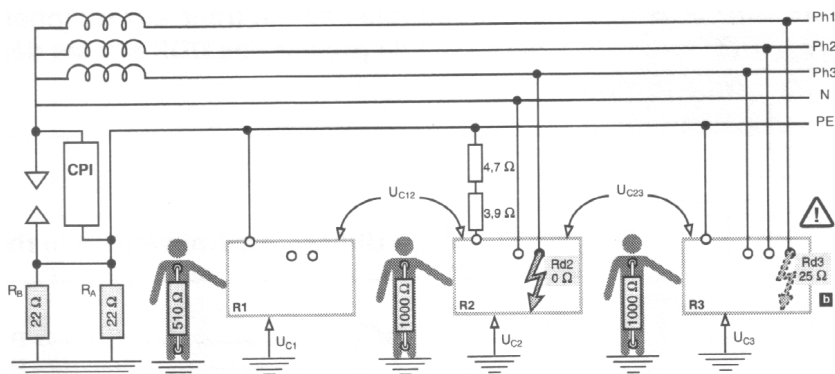


Fig. 41. Varianta IT, schema electrică echivalentă

3. Se pune montajul sub tensiune (se închid Q1, Q21, Q22, Q32 și Q33).
 4. Se creează un scurtcircuit net în consumatorul R2 (faza 3), apăsând pe butonul Bp2. Semnalizarea sonoră și luminoasă intră în funcțiune.
 5. Se oprește semnalizarea sonoră cu ajutorul inversorului situat sub CPI.
- e. 6. Se creează un scurtcircuit net permanent în consumatorul R2, racordând un ampermetru în paralel cu Bp2 și încă un scurtcircuit net în consumatorul R3 ($R_{d3} = 25 \Omega$, faza 1, folosind reostatul), închizând Bp3.
 7. Se măsoară tensiunea între masa consumatorului R1 și pământ:

$$U_{C1} = 0 \text{ V}$$

Se măsoară tensiunile

- între consumatorul R2 și pământ
 $U_{C2} \approx 60 \text{ V}$
- între masele consumatorilor R1 și R2
 $U_{C12} \approx 60 \text{ V}$

8. Se măsoară tensiunile

- între consumatorul R3 și pământ
 $U_{C3} \approx 60 \text{ V}$
- între masele consumatorilor R2 și R3
 $U_{C23} \approx 60 \text{ V}$

PERICOL, deoarece $60\text{V} > U_L$ al zonei R2 (50 V) și deconectarea nu se produce.

9. Se determină schema legăturilor la pământ rezultată în prezența defectului dublu. Se calculează curentul de scurtcircuit I_d și se interpretează rezultatele.

Concluzii

Întreruptorul cu declanșatoare termice și electromagnetice nu asigură protecția contra contactelor indirecte, în cazul unor conductoare de alimentare lungi, în caz de defect dublu.

Un întreruptor cu declanșatoare termice și electromagnetice asigură protecția contra contactelor indirecte, numai în situația în care conductoarele de alimentare a consumatorilor nu sunt prea lungi.

$$L \leq \frac{0.8 \cdot 127 \cdot S_f}{\rho \cdot (1 + m) \cdot I_m};$$

$\rho = 22.5 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot \text{mm}^2$ rezistivitatea cuprului;

$m = S_f / S_{pe}$ – raportul secțiunilor transversale ale conductorului pe fază, respectiv conductorului PE;

I_m – curentul [A] care asigură funcționarea declanșatorului electromagnetic al întreruptorului.

Experimentul 6

Defect dublu: scurtcircuit net pe R2 (faza 3) și scurtcircuit printr-o rezistență pe R3 (faza 1) – este necesar să se prevadă întreruptoare cu declanșatoare diferențiale (DDR) pe liniile lungi.

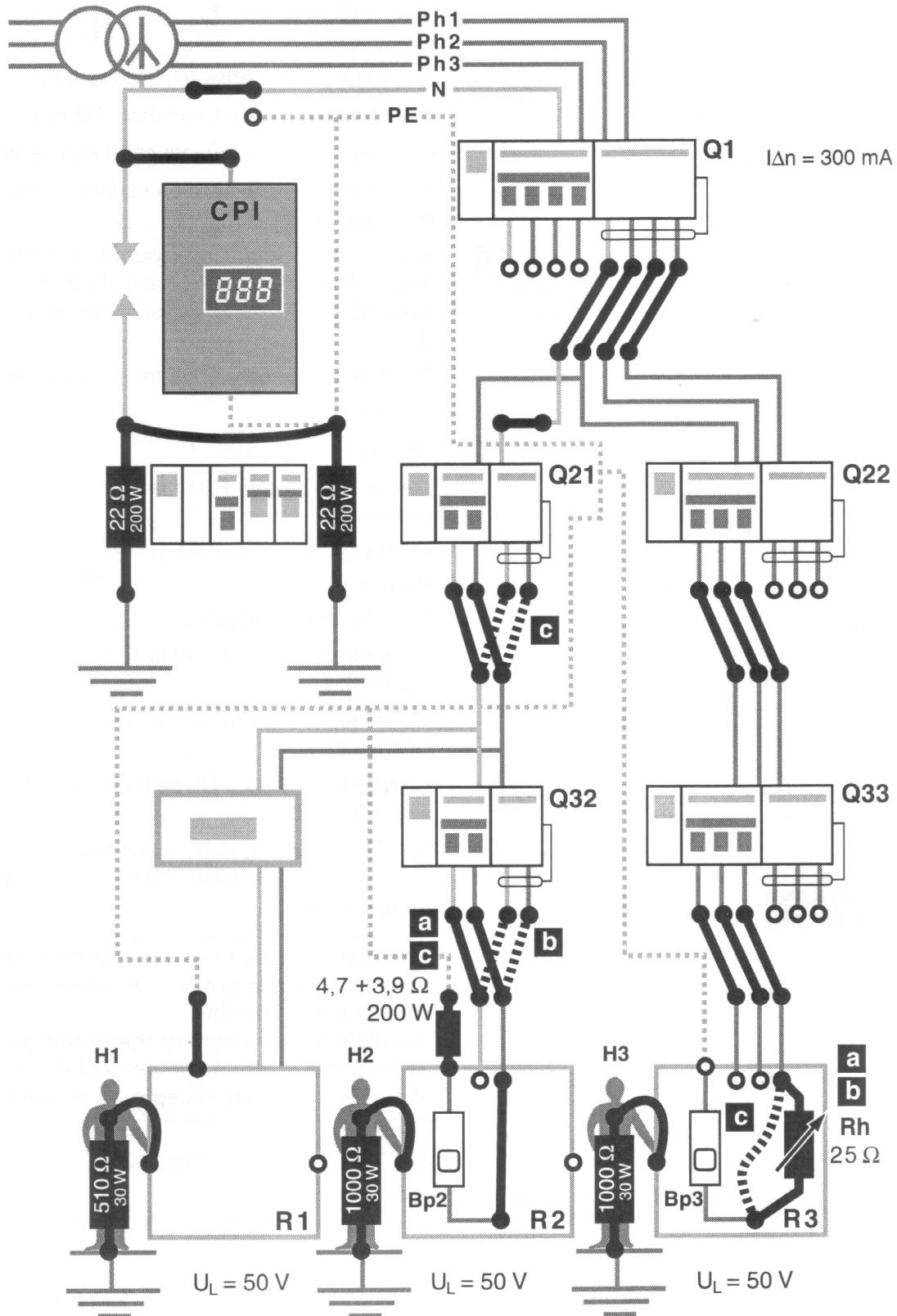


Fig. 42. Schema de legare la pământ IT

- c. 1. Se deschid toate aparatele de conectare (de la Q1 la Q33).
2. Se realizează montajul din Fig. 42 cu schema echivalentă din Fig. 43.

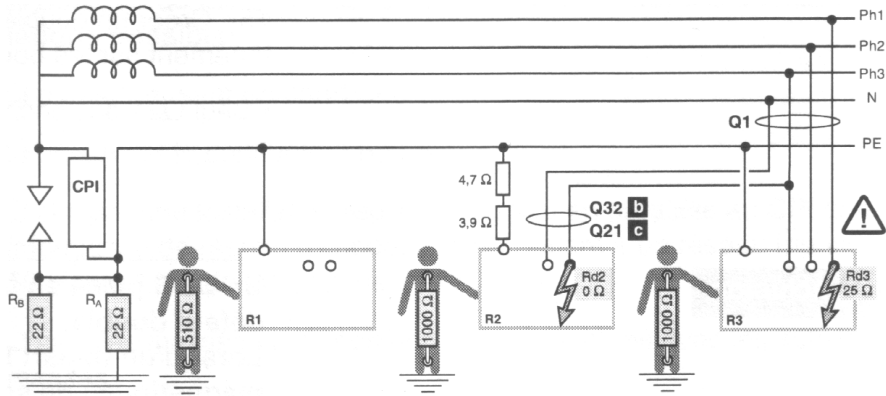


Fig. 43. Varianta IT, schema electrică echivalentă

3. Se reglează pragul declanșatorului diferențial al întreruptorului Q1 la $I_{\Delta n} = 300 \text{ mA}$.
4. Se pune montajul sub tensiune (Q1, Q21, Q22, Q32 și Q33).
5. Se creează un scurtcircuit net în consumatorul R2, apăsând pe butonul Bp2.
- Încep să funcționeze semnalizările luminoasă și sonoră.
6. Se oprește semnalizarea sonoră.
7. Se creează un al doilea scurtcircuit, în consumatorul R3 (prin $R_{d3} = 25 \Omega$, faza 1, utilizând reostatul), apăsând pe butonul Bp3.
- a. **Cele două scurtcircuite persistă** (Curentul de scurtcircuit I_d este identic cu cel de la manevra 5);
b. Întreruptorul cu DDR Q1 nu declanșează. De ce?
- d. 8. Se deschide Q32.
9. Se alimentează linia corespunzătoare lui Q32 prin declanșatorul diferențial atașat.
10. Se închide Q32
11. Se creează un scurtcircuit net în consumatorul R2:
- Încep să funcționeze semnalizările luminoasă și sonoră.
12. Se oprește semnalizarea sonoră.
13. Se creează un al doilea scurtcircuit, în consumatorul R3 (prin $R_{d3} = 25 \Omega$, faza 1, utilizând reostatul), apăsând pe butonul Bp3.
- **Defectul dublu (cele două scurtcircuite) sunt imediat eliminate** prin declanșarea lui Q32.
- e. 14. Se conectează Q32 ca în situația a (întreruptor fără declanșator diferențial), dar Q21 și Q1 cu DDR.
Se păstrează reglajul inițial al declanșatorului diferențial al întreruptorului Q1 la $I_{\Delta n} = 300 \text{ mA}$
15. Se creează un dublu defect (două scurtcircuite nete) în R2 și R3, apăsând simultan pe butoanele Bp2 și Bp3:
- Deconectează numai Q21. De ce?

Concluzii

Un DDR plasat la începutul conexiunilor nu protejează în caz de defect dublu.

Atunci când o linie lungă nu este eficient protejată de către declanșatoarele electromagnetice ale întreruptorului, este util:

- să se crească secțiunea conductorului PE
- sau să se utilizeze întreruptor de tip B
- sau să se utilizeze întreruptor prevăzut cu DDR

Notă: Un DDR cu sensibilitatea reglată la un nivel mai mic de 500mA va fi totdeauna necesar pe plecările spre zone cu pericol de incendiu.

Alte manevre posibile:

- Se conectează Q22 și Q33 cu DDR, iar Q21 și Q32 fără DDR;
- În prezența unui defect dublu (în R2 și R3), vor deconecta numai Q22 și Q33 (Q1 nu deconectează).

În acest caz, nu există selectivitate diferențială, între Q22 și Q33, ele având aceeași sensibilitate reglată (300mA).

Alte experimente posibile pentru legătura la pământ IT

- Descărcător scurtcircuitat
- Defect pe conductorul neutru
- Simularea unei instalații reale, plasând în paralel pe CPI o impedanță de valoare egală cu impedanța unei porțiuni de rețea (impedanța echivalentă a unei rețele trifazate, la 50 Hz, cu lungimea de 1km este de 3540Ω)
- Cazul unor mase depărtate și care nu sunt interconectate cu celelalte mase
- Selectivități ampermetrice (după valoarea curentului)
- Cu un osciloscop numeric, se înregistrează valoarea lui U_C și timpul de deconectare în cazul unui scurtcircuit și se verifică dacă acest timp rămâne inferior valorii fixate de norme pentru tensiunea rețelei (230V) și condițiile de exploatare date.

Schema de legare la pământ IT pentru $U_L=50V$

Tensiuni nominală U_0 [V]/U[V]	Timpul de deconectare [s]	
	Neutru nedistribuit	Neutru distribuit
120-240-127/220	0,8	5
220/380-230/400	0,4	0,8
400/690	0,2	0,4
580/1000	0,1	0,2

U_0 : tensiunea de fază (între fază și neutru)

U: tensiunea de linie (între faze)

U_L : tensiunea limită convențională

Anexa 7.8

Caracteristica de protecție a întreruptoarelor

C60 N curba C

Cred ca ar fi utile si curbele B și D, adica pentru toate intreruptoarele de pe panou

Extras din norma NF C15-100 (timp de deconectare)

- În funcție de regimul neutrlui (TT, Tn sau IT), de tensiunea nominală a rețelei și de tensiunea limită convențională a zonei protejate (U_L 25V sau 50V) norma **NF C15-100 (ar fi bine de verificat și comparat cu norma românească)** fixează valorile limită superioare pentru timpii de deconectare.
- **Schema de legare la pământ TT:** UTE (Uniunea Tehnică de Electricitate) consideră că DDR netemporizate asigură, într-un timp satisfăcător, protecția persoanelor contra contactelor indirecte, cu condiția ca sensibilitatea lor în curent

$$I\Delta n \leq U/R_A$$

Schema de legare la pământ TN și IT:

În tabelul de mai jos sunt dați timpii maximi de deconectare (în secunde), conform normelor în vigoare:

Tensiuni nominală U_0 [V]/ U [V]	$U_L=50V$		
	Regim TN	Regim IT	
		Cu neutru	Fără neutru
127/220	0,8	0,8	5
230/400	0,4	0,4	0,8
400/690	0,2	0,2	0,4
580/1000	0,1	0,1	0,2

U_0 : tensiunea de fază (între fază și neutru)

U : tensiunea de linie (între faze)

U_L : tensiunea limită convențională