

STUDIUL FENOMENULUI DE SCURTCIRCUIT FOLOSIND PROGRAMUL EDSA - PALADIN

V.1 Introducere

Pachetul de programe EDSA (Electricity Distribution Software Aalysis) include diverse module de calcul și analiză a sistemele electroenergetice pentru:

- determinarea teniunilor nodale în condițiile evoluției sarcinii;
- evaluarea efectelor arcului electric deschis, în c.c. și în c.a.;
- coordonarea protecțiilor;
- dimensionarea cablurilor;
- calculul și analiza rgimurilor permanente în instalații monofazate și trifazate;
- dimensionarea instalației de legare la pământ;
- analiza regimurilor tranzitorii;
- dimensionarea barelor colectoare;
- dimensionarea bateriilor ca surse de c.c.;
- proiectarea și verificarea protecțiilor;
- calculul și analiza rgimurilor permanente în instalații de c.c.;
- pozarea cablurilor;
- calculul și analiza regimurilor de scurtcircuit în instalații de c.a. și c.c.;
- proiectarea și studiul protecțiilor de distanță;
- analiza regimului armonic;
- dimensionarea grpurilor generatoare;
- determinarea parametrilor motoarelor asincrone;
- prognoza sarcinii;
- optimizarea sistemelor electroenergetice;
- evaluarea fiabilității sistemelor de distribuție a energiei electrice;
- proiectarea mecanică a rețelelor electrice;
- studiul soluțiilor de ecranare;
- determinarea parametrilor liniilor electrice scurte;
- determinarea parametrilor liniilor de transport a energiei;
- analiza stabilității tensiunii.

În contextul temei acestei cărți, se prezintă în cele ce urmează, în detaliu, modulul de calcul și analiză a regimurilor de scurtcircuit în instalații trifazate, în conformitate cu standardele internaționale, modul ce face parte din pachetul software EDSA.

V.2 Tipuri de scurtcircuite

Modulul specializat din pachetul EDSA este destinat calculelor și analizei diverselor tipuri de scurtcircuite:

- trifazate, cu sau fără punere la pământ (3F) sau 3F-P);
- monofazate (L-P);
- bifazate (L-L);
- bifazate cu punere la pământ (L-L-P).

Frecvența estimată, pe baza statisticilor de exploatare, a apariției acestor scurtcircuite este:

- | | |
|---------------|------|
| - 3F sau 3F-P | 8%; |
| - L-L | 12%; |
| - L-L-P | 10%; |
| - L-P | 70%. |

De regulă, scurtcircuitul trifazat simetric (3F) determină cele mai severe solicitări ale componentelor primare de rețea. Sunt însă și situații în care scurtcircuitul monofazat conduce la apariția unor curenți mai mari dar, în valori ale energiei totale degajate, scurtcircuitul trifazat rămâne pe primul loc. Situațiile ce determină curenți de scurtcircuit monofazat importanți, peste cei ai scurtcircuitului trifazat sunt caracterizate de defecte ce apar lângă:

- partea cu conexiune în stea a transformatoarelor de putere stea-triunghi;
- partea cu conexiune dublă stea a transformatoarelor cu trei înfășurări având cea de a treia înfășurare în triunghi;
- un generator sincron cu conectare directă la pământ;
- partea cu conexiune în stea a mai multor transformatoare ce funcționează în paralel.

V.3 Terminologie

Durata arcului – intervalul de timp dintre momentul apariției a arcului pe prima fază a aparatului de comutație și momentul în care acesta se stinge pe ultima fază a aparatului.

Curentul de scurtcircuit al sistemului – curentul maxim de scurtcircuit determinat de sursa echivalentă (sistemul echivalent sau rețeaua echivalentă din amonte) într-un nod dat, neglijând impedanța de la locul defectului.

Curentul de rupere – curentul pe o fază a aparatului de comutație la momentul inițierii arcului (separarea contactelor). Se mai numește și *curent de*

întrerupere, în terminologia de specialitate în limba română ca și în standardele ANSI (American National Standards Institute).

Curentul de conectare și menținere – valoarea maximă efectivă a curentului de scurtcircuit calculat pentru întrerupătoare de MT și ÎT, pe durata primei perioade, afectată de un coeficient de multiplicare ce depinde de raportul X/R al circuitului scurtcircuitat. Deseori, calculul curentului de conectare și menținere este simplificat prin aplicarea unui coeficient de multiplicare de 1.6 valorii curentului de scurtcircuit periodic (simetric) determinat pentru prima perioadă din momentul producerii defectului. *Curentul de conectare și menținere* se mai numește curent de prima perioadă sau, într-o terminologie mai veche, *curent maxim instantaneu*.

Capacitatea de conectare și menținere – valoarea maximă a curentului asimetric (total) de scurtcircuit la care un întrerupător de MT sau ÎT o poate suporta la conectare și după aceea, cu o anumită frecvență.

Capacitatea de conectare și menținere a curentului asimetric este de 1.6 capacitatea de întrerupere a curentului simetric (periodic) al întrerupătorului. Se mai numește și capacitatea de prima perioadă a întrerupătorului.

Durata de deschidere a contactelor - intervalul de timp între momentul apariției curentului de defect și momentul în care arcul a fost inițiat între toți polii aparatului de comutație. Reprezintă suma duratei de lucru a releelor de protecție (inclusiv eventuala temporizare) și durata de deconectare a întrerupătorului.

Curentul de vârf – cea mai mare valoare instantanee a curentului de scurtcircuit pe durata unei perioade.

Defect (scurtcircuit) – conexiune anormală, cu inițierea sau nu a arcului electric, de impedanță relativ redusă, accidentală sau intenționată, între două puncte aflate la tensiuni diferite.

Raportul X/R la locul defectului – valoarea calculată a acestui raport la locul de defect; metodologia de determinare este în funcție de standardul de calcul.

Curentul maxim în prima perioadă – curentul maxim de vârf sau valoarea maximă efectivă a curentului asimetric (total) de scurtcircuit pe durata primei perioade determinată cu coeficienți de multiplicare în funcție de raportul X/R .

Capacitatea nominală relativ la prima perioadă – curentul maxim, în valori efective, asimetric (total) sau simetric (periodic) specificat pentru aparatul de comutație care trebuie să reziste pe durata primei perioade.

Curentul de întrerupere – curentul pe o fază a întrerupătorului la momentul inițierii arcului electric; se mai numește și curent de rupere, în conformitate cu IEC 60909.

Curentul la conectare – curentul printr-un pol al aparatului de comutare în momentul în care contactele acestuia se ating, în condițiile existenței unui scurtcircuit, și se mențin în această stare.

Deplasarea curentului – se referă la forma de undă a unui curent alternativ, deplasată (asimetrică) în raport cu abscisa (axa $y = 0$).

Curentul de scurtcircuit – curentul provocat de un scurtcircuit, determinat la locul defectului și pe durata defectului.

Curentul de scurtcircuit simetric – componenta de frecvență egală cu a sistemului (50 sau 60 Hz) a curentului de scurtcircuit; se mai numește componenta simetrică sau periodică a curentului de scurtcircuit.

Curenții de scurtcircuit din laturi – parte a curentului total de scurtcircuit ce apar în diversele laturi ale rețelei.

Curentul inițial de scurtcircuit I_k'' - valoarea efectivă a curentului de scurtcircuit în momentul apariției acestuia.

Curentul asimetric maxim de scurtcircuit I_a - cea mai mare valoare efectivă instantanee a curentului de scurtcircuit după apariția acestuia.

Curentul simetric de rupere I_s - curentul în momentul separării mecanice a contactelor întrerupătorului, la scurtcircuit, reprezentând valoarea efectivă a curentului simetric de defect prin polul respectiv al aparatului în momentul primei separări a contactelor.

Tensiunea nominală V_R – tensiunea de linie pentru care rețeaua este proiectată să funcționeze; în conformitate cu CEI (Comisia Electrotehnică Internațională); V_R este tensiunea de linie (între faze) maximă iar U_N este tensiunea nominală de funcționare a unui nod de rețea.

$$\text{Puterea inițială, simetrică, de scurtcircuit } S_k'' = \sqrt{3} \cdot I_k'' \cdot U_N.$$

$$\text{Puterea de rupere a unui întrerupător } S_B = \sqrt{3} \cdot I_a \cdot U_N$$

Durata minimă de întârziere $t_{\min}$ - este cea mai scurtă durată posibilă între apariția scurtcircuitului și prima separare a contactelor pe un pol al întrerupătorului.

Solicitarea electrodinamică (dinamică) – efect constând în eforturi și solicitări mecanice pe durata scurtcircuitului.

Solicitarea termică – efect de natură termică (încălzire) pe durata scurtcircuitului.

Legare directă (efectivă) la pământ – conectarea directă la pământ a punctelor de nul ale transformatoarelor.

Curentul de scurtcircuit prin pământ – curentul de scurtcircuit, sau o parte a acestuia, care se „întoarce” în rețea prin pământ.

Generator echivalent – generator prin care se echivalează, din punct de vedere al curentului de scurtcircuit generat, mai multe generatoare reale din sistem.

Modulul pentru analiza scurtcircuitelor din pachetul EDSA respectă, în totalitate, standardele internaționale ANSI (American Standards Institute), IEEE (The Institute of Electrical and Electronics Engineers) și IEC (International Electrotechnical Commission) în vigoare:

- ANSI/IEEE Std. 141 – 1993, IEEE Recommended Practice for Electric Power Distribution of Industrial Plants (IEEE Red Book)
- ANSI/IEEE Std. 399 – 1997, IEEE Recommended Practice for Power Systems Analysis (IEEE Brown Book)
- ANSI/IEEE Standard C37.010 – 1979, IEEE Application Guide for AC High-Voltage Circuit Breakers Rated on a Symmetrical Current Basis
- ANSI/IEEE Standard C37.5-1979, IEEE Application Guide for AC High-Voltage Circuit Breakers Rated on a Total Current Basis
- ANSI/IEEE Standard C37.13-1990, IEEE Standard for Low-Voltage AC Power Circuit Breakers Used in Enclosures
- IEC-909 – 1988, International Electrotechnical Commission, Short Circuit Current Calculation in Three-Phase Ac Systems

V.4 Tipuri de surse în calculul curenților de scurtcircuit

Sursele echivalente (din nodurile de racord cu sistemul ale rețelelor electrice), mașinile electrice rotative și acționările regenerative reprezintă cele mai uzuale surse ce contribuie la curentul de scurtcircuit.

V.4.1 Solicitățile în prima jumătate de perioadă (0.5 perioade)

Amortizarea (descreșterea) curentului de scurtcircuit se datorează scăderii energiei înmagazinate în câmpurile magnetice.

Impedanța caracteristică primei jumătăți de perioadă se numește impedanța subtranzitorie (în unele lucrări de specialitate românești se folosește termenul de impedanță supratranzitorie dar s-a adoptat terminologia internațională, folosită și în programul EDSA). Impedanța subtranzitorie caracterizează fenomenul și este folosită în calculele de scurtcircuit pe un interval de timp de la prima jumătate de perioadă la câteva perioade. Toate mașinile rotative sunt reprezentate prin reactanța lor subtranzitorie în această plajă de timp iar rețeaua, în ansamblul ei, poartă denumirea, prin extensie, de rețea subtranzitorie.

Analiza fenomenului de scurtcircuit, în prima jumătate de perioadă, are drept scop determinarea solicitărilor, în scopul alegerii corecte a întrerupătoarelor și siguranțelor fuzibile verificându-se:

- pentru întrerupătoarele de înaltă tensiune, capacitatea de conectare și menținere;
- pentru întrerupătoarele de joasă tensiune, capacitatea de întrerupere;
- pentru siguranțe, capacitatea de întrerupere;
- pentru dispozitivele de protecție, reglarea corectă și selectivitatea.

Tabelul V.1 arată valorile impedențelor diferitelor componente, luate în considerare în analizele pentru 0..5 perioade și pentru momentul întreruperii.

Tabelul V.1 Valorile recomandate de ANSI pentru impedențe în calculele la 0.5 perioade și la momentul întreruperii

Tipul sursei	Calcule la $\frac{1}{2}$ perioade	Calcule la momentul întreruperii (între 1.5 și 4 perioade)
Echivalentă (nod racord)	Z_s''	Z
Generator local	Z_d''	Z_d''
Motor sincron	Z_d''	$1.5 \cdot Z_d''$
Motoare asincrone de putere mare: > 750 kW sau 200 kW cu p=2	Z''	$1.5 \cdot Z''$
Motoare asincrone de putere medie, între 40 și 200 kW sau între 200 și 750 kW cu p=1	$1.2 \cdot Z''$	$3 \cdot Z''$
Motoare sincrone de putere mică, sub 40 kW	$1.67 \cdot Z''$	∞

V.4.2 Solicitățile în primele 1.5 perioade

Rețeaua la „1.5 perioade” este folosită pentru a *determina* curentul de întrerupere și a de reglaj al protecțiilor după 1.5 – 4 perioade de la momentul producerii scurtcircuitului în scopul *verificării* capacității de întrerupere a aparatelor de comutație și reglajelor protecțiilor.

V.4.2 Solicitățile în regim de scurtcircuit stabilizat sau după 30 perioade

Rețeaua la „30 perioade” se folosește pentru determinarea condițiilor de regim stabilizat, post defect ca și pentru reglajele unor protecții temporizate. Tabelul V.2 indică modul în care se consideră în calcule diferitele componente de rețea. Se observă ca în regimul stabilizat de scurtcircuit, la 30 perioade după producerea defectului, motoarele asincrone nu mai influențează calculele.

Tabelul V.2 Valorile recomandate pentru impedanțe în calculele la 30 perioade după momentul producerii defectului

Tipul sursei	Calcule la 30 perioade
Echivalentă (nod racord)	Z_s''
Generator local	Z_d'
Motor sincron	Z_d

V.5 Factorii de multiplicare ANSI/IEEE

Forma de undă ce caracterizează curentul de scurtcircuit trifazat simetric, la bornele unui generator sincron, este asimetrică în raport cu abscisa (axa timpului) ca urmare a existenței celor două componente: periodică sinusoidală (simetrică) și cea de curent continuu (exponențială amortizată, asimetrică).

Componenta de curent continuu (c.c.) sau, cum mai corect este denumită - componenta continuă, se amortizează la valoarea zero, cu o anumită constantă de timp, după care se atinge regimul stabilizat (permanent) de scurtcircuit.

Factorii de multiplicare (MF în modulul EDSA) transformă valoarea efectivă a curentului de scurtcircuit periodic sinusoidal (simetric) în valoarea efectivă reală a curentului total (asimetric) caracterizând astfel influența componentei continue (aperiodice) asupra curentului total de scurtcircuit. MF se calculează pe baza raportului X/R a circuitului scurtcircuitat (între sursă, inclusiv aceasta, și locul de defect) la momentul producerii defectului. În modulul EDSA, raportul X/R pentru determinarea solicitărilor întrerupătoarelor, se determină prin calcularea separată a mărimilor X și R în rețeaua analizată.

V.5.1 Factorul de multiplicare pentru prima perioadă

În modulul EDSA este notat cu MF_m și se definește cu relația

$$MF_m = \sqrt{1 + 2 \cdot e^{-\frac{2\pi}{X/R}}} \quad (V.1)$$

Pentru $X/R = 25$, se obține $MF_m = 1.6$.

Notă : Folosind butonul “Control for ANSI/IEEE” din modulul EDSA, utilizatorul are posibilitatea să calculeze MF_m pe baza valorii raportului X/R sau să utilizeze $MF_m = 1.6$.

V.5.2 Factorul de multiplicare de vârf

În literatura de specialitate din România este denumit „factor de șoc”. Aici se notează cu MF_{peak} și se definește cu relația

$$MF_{peak} = \sqrt{2} \left(1 + e^{-\frac{2\pi\tau}{X/R}} \right) \quad (V.2)$$

în care τ este momentul apariției scurtcircuitului. Pentru τ egal cu 0.5 perioade și $X/R = 25$, rezultă $MF_{peak} = 2.7$.

Notă: Folosind butonul “Control for ANSI/IEEE” din modulul EDSA, utilizatorul are posibilitatea să calculeze MF_{peak} pe baza valorii raportului X/R sau să utilizeze $MF_{peak} = 2.7$.

V.6 Contribuția surselor locale și echivalente

Amplitudinea componentei simetrice a curentului de scurtcircuit ce reprezintă contribuția surselor echivalente (din nodurile de racord ale rețelei analizate cu sistemul) este, de regulă, considerată constantă (în modulul EDSA opțiunea NACD – No AC Decay) sau, uneori, se consideră amortizată spre o valoare reziduală (ACD).

Dacă defectul este în apropierea unui generator, amortizarea curentului total există și trebuie luată în considerare (ACD).

Cu alte cuvinte, în cazul în care un generator local se află în apropierea locului unde se produce scurtcircuitul, curentul de defect se amortizează rapid. Dacă generatorul este unul echivalent sau este îndepărtat de locul scurtcircuitului, amortizarea are o constantă de timp mai mare iar un calcul acoperitor are la bază presupunerea că nu există amortizare (NACD) a componentei de c.a.

Notă: *Atenție, este vorba de amortizarea componentei de c.a. (a curentului periodic sinusoidal) și nu de amortizarea curentului total de scurtcircuit ca urmare a amortizării componentei de c.c.*

În conformitate cu standardele ANSI, un **generator este considerat un generator local (real)** dacă:

- reactanța, în u.r., externă acestuia (până la locul de defect), este mai mică de 1.5 ori decât reactanța subtransitorie a generatorului exprimată tot în u.r., raportate la o putere de bază (MVA) comună;

- contribuția sa la curentul total simetric de scurtcircuit, în valori efective, este mai mare decât

$$0.4 \frac{E_G}{X_d''}$$

unde $\frac{E_G}{X_d''}$ reprezintă curentul de scurtcircuit trifazat la bornele sale.

După aceleași standarde, un generator este considerat **o sursă echivalentă (sau o sursă îndepărtată)** dacă:

- reactanța, în u.r., externă acestuia (până la locul de defect), este egală sau mai mare de 1.5 ori decât reactanța subtranzitorie a generatorului exprimată tot în u.r., raportate la o putere de bază (MVA) comună; contribuția la scurtcircuit a generatorului, în acest caz, se determină cu relația

$$I_G = \frac{E_G}{X_{\text{externa}} + X_d''}$$

- amplasarea sa față de locul de defect implică două sau mai multe transformări ale tensiunii;
- contribuția sa la curentul total simetric de scurtcircuit, în valori efective, este mai mică decât

$$0.4 \frac{E_G}{X_d''}$$

unde $\frac{E_G}{X_d''}$ reprezintă curentul de scurtcircuit trifazat la bornele sale.

Standardele ANSI includ valori ale factorilor de multiplicare (MF) în funcție de raportul X/R atât pentru scurtcircuite alimentate preponderent de generatoare locale (reale) cât și de generatoare echivalente (surse îndepărtate).

În cazul în care nu se consideră amortizarea componentei periodice sinusoidale (NACD), curentul total de scurtcircuit este egal cu

$$I_{\text{total}} = I_{\text{local}} + I_{\text{remote}}$$

unde termenul „remote”, folosit în programul EDSA, se referă la sursele îndepărtate (echivalente) iar

$$NACD = \frac{I_{\text{remote}}}{I_{\text{total}}}$$

În cazul în care există numai surse îndepărtate (echivalente), $NACD = 1$ iar dacă există numai generatoare locale, reale, $NACD = 0$.

V.7 Analiza fenomenului de scurtcircuit în conformitate cu standardele ANSI/IEEE

V.7.1 Dimensionarea conformă a întrerupătoarelor de IT și MT

Standardele ANSI/IEEE definesc durata totală de întrerupere a întrerupătoarelor în număr de perioade. Cunoașterea duratei de comutare (de separare a contactelor, notată în program cu CPT – contact parting time) este necesară în multe situații. Conform standardelor menționate, durata nominală de întrerupere pentru aparatele de MT și ÎT este de 5 perioade (la frecvența de 60 Hz aceasta înseamnă 0.083 s sau 83 ms). Cu toate acestea, durata de întrerupere pentru întrerupătoarele de MT corespunde la unei valori a CPT de 3 perioade ale curentului de scurtcircuit în rețeaua cu parametri calculați în intervalul 2 – 8 perioade (tabelul V.3)

Tabelul V.3 Corespondența între durata de întrerupere, durata de separare a contactelor (CPT) și factorul de asimetrie s

Durata de întrerupere nominală [perioade]	Durata de separare a contactelor [perioade]	s
2	1.5	1.4
3	2	1.2
5	3	1.1
8	4	1.0

Mărimea s reprezintă factorul de asimetrie ca și capacitate și parametru constructiv al întrerupătorului. Cele mai multe întrerupătoare construite după 1964 sunt specificate prin curentul simetric afectat de parametrul s . Cele fabricate înainte de 1965 sunt specificate pe baza curentului total de scurtcircuit. Ambele categorii au o anumită capacitate de întrerupere ce include componenta de c.c.

Pentru întrerupătoarele dimensionate după curentul de scurtcircuit total, $s = 1.0$.

Întrerupătoarele de MT se aleg și se dimensionează după:

- curentul de conectare și menținere;
- valoarea de vârf a curentului de scurtcircuit;

- curentul de întrerupere.

Relațiile de calcul pentru curentul de vârf și valoarea momentană a curentului de scurtcircuit (conectare și menținere) se aplică atât întrerupătoarelor fabricate în funcție de solicitările datorate curentului simetric cât și celor dimensionate după curentul total. Curentul de întrerupere se determină pe baze diferite, prezentate în continuare.

***Calculul și verificarea capacității de conectare și menținere $I_{C\&L}$
(C&L - closing and latching capability)***

C&L definește capacitatea întrerupătorului de a rezista, în operațiunea de conectare și apoi menținere, la solicitările datorate valorii maxime a curentului de scurtcircuit din prima perioadă de la producerea defectului.

Pentru întrerupătoarele specificate prin curentul simetric de defect, capacitatea de conectare și menținere (C&L) este exprimată în termenii: curent asimetric, curent total efectiv și curent de vârf de scurtcircuit.

Modulul EDSA efectuează următorii pași în calculul solicitărilor întrerupătoarelor la scurtcircuit:

1. Calculează curentul de scurtcircuit simetric efectiv la 0.5 perioade - $I_{sym,rms}$
2. Calculează valoarea momentană efectivă a curentul asimetric ($I_{mom,rms,asym}$) folosind relațiile:

$$I_{mom,rms,asym} = MF_m \cdot I_{sym,rms}$$

$$MF_m = \sqrt{1 + 2 \cdot e^{-\frac{2\pi}{X/R}}}$$

Notă: În modulul EDSA, butonul „Control for ANSI/IEEE” permite calcularea valorii exacte pentru MF_m pe baza raportului X/R sau a valorii uzuale $MF_m=1.6$.

3. Compară $I_{mom,rms,asym}$ cu valoarea $I_{C\&L rating}$ admisă de întrerupător: dacă valoarea reală este mai mică sau egală cu cea admisă întrerupătorul poate fi ales și montat în instalația respectivă; în caz contrar, se alege un întrerupător cu performanțe superioare.
4. Calculează rezerva de capacitate procentuală a întrerupătorului cu relația

$$\% Rating = \frac{100 \cdot I_{mom,rms,asym}}{I_{C\&L rating}}$$

Calculul și verificarea la curentul de scurtcircuit de vârf I_{peak}

1. Calculează curentul efectiv de scurtcircuit de întrerupere la 0.5 perioade, $I_{sym,rms}$
2. Calculează valoarea de vârf a curentului de scurtcircuit momentan:

$$I_{mom,peak} = MF_p \cdot I_{sym,rms}$$

în care
$$MF_p = \sqrt{2}(1 + e^{-\frac{2 \cdot \pi \cdot \tau}{X/R}})$$

iar
$$\tau = 0.49 - 0.1 \cdot e^{-\frac{X/R}{3}}$$

Notă: Butonul de opțiuni „Control for ANSI/IEEE” permite utilizatorului să aleagă MF_{peak} în funcție de raportul X/R sau valoarea uzuală $MF_{peak} = 2.7$

3. Compară valoarea calculată $I_{mom,peak}$ cu valoarea nominală corespunzătoare a întrerupătorului ales $I_{peak,rating}$. Dacă valoarea calculată este mai mare decât cea nominală se alege un alt întrerupător iar dacă nu, aparatul ales inițial este bun.
4. Se calculează rezerva procentuală de capacitate a întrerupătorului cu relația:

$$\% Rating = 100 \frac{I_{mom,peak}}{I_{mom,peak rating}}$$

Calculul și verificarea la curentul de întrerupere I_{int}

Capacitatea de întrerupere maximă pentru un întrerupător specificat prin curentul de scurtcircuit simetric de întrerupere reprezintă valoarea efectivă maximă a curentului total de scurtcircuit (cu componentele c.a. și c.c) pe care-l poate întrerupe aparatul, indiferent care este valoarea tensiunii inferioare de funcționare a nodului la momentul întreruperii.

Curenții de întrerupere de scurtcircuit pentru întrerupătoarele de MT și ÎT sunt egali cu cei de scurtcircuit după 1.5 perioade. Pentru un sistem funcționând la o altă frecvență decât cea de 60 Hz se calculează un raport X/R modificat:

$$X/R_{mod} = \frac{X/R_{60}}{Frecventa sistemului [Hz]}$$

Pașii urmați de modulul de calcul EDSA sunt precedați de alegerea unei opțiuni inițiale relativ la caracteristicile rețelei analizate:

- „All remote” - toate sursele sunt de tip echivalent (îndepărtate), $NACD = 1.0$; reprezintă soluția acoperitoare (rezultatele sunt supraevaluate);
 - „All local” - toate sursele sunt de tip local (generatoare reale), $NACD = 0$;
 - „Adjusted” – situația intermediară față de cele precedente.
1. Se analizează dacă generatorul este de tip real (sursă apropiată) sau echivalent (sursă îndepărtată)
 2. Se calculează contribuția totală a surselor îndepărtate (I_{remote}) și a celor apropiate (I_{total}), în condițiile în care parametrii rețelei sunt cei corespunzători intervalului 1.5 – 4 perioade.
 3. Se calculează raportul $NACD$ (No AC Decrement):

$$NACD = \frac{I_{remote}(I_{total} - I_{local})}{I_{total}(I_{remote} + I_{local})} \quad (V.3)$$

4. Se calculează factorii de multiplicare corepunzători contribuției surselor îndepărtate (MF_r) și celor locale (MF_l):

Pentru surse îndepărtate (de tip „remote”): sursa este considerată de acest tip dacă are o contribuție la curentul total de scurtcircuit mai mică decât 40% sau dacă impedanța ei echivalentă în amonte de locul defectului este mai mare de 1.5 ori decât Z_d'' . În acest caz, factorul de multiplicare este

$$MF_r = \frac{\sqrt{1 + 2 \cdot e^{-\frac{4\pi}{x/R}C}}}{s} \quad (V.4)$$

unde C este durata de separare a contactelor întrerupătorului, în perioade.

Pentru sursele reale (locale), factorul de multiplicare (MF_l) se determină cu relația din programul EDSA sau se folosesc tabele (tabelul V.4). Ecuațiile nu sunt incluse în standarde ci sunt relații empirice pentru a corespunde caracteristicilor din standard:

$$MF_l = \frac{\sqrt{K^2 + 2 \cdot e^{-\frac{4\pi}{x/R}C}}}{s} \quad (V.5)$$

în care valorile lui K sunt conforme cu tabelul V.4

Valoarea ajustată a factorului de multiplicare este

$$AMF_l = MF_l + NACD(MF_r - MF_l) \quad (V.6)$$

Dacă AMF_l este mai mic decât 1.0, atunci se utilizează valoarea 1.0.

Tabelul V.4 Valorile parametrului K pentru determinarea factorului de multiplicare în cazul surselor locale

CPT*	K
1.5	$1.0278 - 0.004288(X/R) + 0.00002945(X/R)^2 - 0.000000068368(X/R)^3$
2	$1.0604 - 0.007473(X/R) + 0.00006253(X/R)^2 - 0.00000002427(X/R)^3$
3	$1.0494 - 0.00833(X/R) + 0.00006919(X/R)^2 - 0.000000075638(X/R)^3$
4	$1.0370 - 0.008148(X/R) + 0.0000611(X/R)^2 - 0.00000002248(X/R)^3$

* Contact Parting Time (durata de separare a contactelor exprimată în perioade)

5. Se calculează I_{int} :

- toate sursele îndepărtate:

$$I_{int} = MF_r \cdot I_{int,rms,sym}$$

- toate sursele locale:

$$I_{int} = MF_l \cdot I_{int,rms,sym}$$

- surse locale și îndepărtate:

$$I_{int} = AMF_i \cdot I_{int,rms,sym}$$

6. Se calculează curentul de scurtcircuit trifazat real de întrerupere nominal (I_{intnom}) prin ajustarea valorii de catalog, care corespunde tensiunii nominale, cu cea care ține cont de valoarea reală a tensiunii de funcționare ($I_{intreal}$).

7. Se compară cele două valori și dacă solicitarea reală este mai mare decât cea nominală se alege un alt întrerupător.

8. Se determină rezerva de capacitate a întrerupătorului:

$$\% Rating = 100 \frac{I_{intnom}}{I_{intreal}}$$

În modulul EDSA, $I_{intreal}$ este notat „3P Device Duty”.

V.7.2 Dimensionarea conformă a întrerupătoarelor de JT

În cazul întrerupătoarelor de joasă tensiune, momentul întreruperii curentului de scurtcircuit este în interiorul perioadei subtranzitorii iar capacitatea de întrerupere a aparatelor neechipate cu siguranțe fuzibile este legată de valoarea de vârf a curentului total (asimetric) de scurtcircuit.

Dacă biblioteca de date a modulului EDSA nu include informații despre raportul X/R, se pot utiliza valorile implicite ale programului, incluse și în tabelul V.5.

Tabelul V.5 Valorile implicite ale raportului X/R utilizate de programul EDSA

Tipul întrerupătorului de JT	Valoarea de test a factorului de putere PF [%]	Valoarea de test a raportului X/R
Neechipat cu siguranțe fuzibile	15	6.59
Echipat cu siguranțe fuzibile	20	4.90
Construcție compactă, ≤ 10.000 A	50	1.73
Idem, între 10.001 și 20.000 A	30	3.18
Idem > 20.000 A	20	4.90

Modulul specializat pentru calculul curenților de scurtcircuit din pachetul de programe EDSA parcurge următorii pași de calcul pentru alegerea și verificarea întrerupătoarelor de joasă tensiune:

1. Calculul curentului de scurtcircuit simetric, în valoare efectivă, în prima jumătate de perioadă – $I_{sym,rms}$
2. Calculul factorului de multiplicare la joasă tensiune – LVF

PCB – power circuit breaker

ICCB – insulated case circuit breaker

2.1 Întrerupătoare cu siguranțe fuzibile de tip PCB/MCCB/ICCB

$$LVF_{asym} = \frac{\sqrt{1 + 2e^{-\frac{2\pi}{Calc\ X/R}}}}{\sqrt{1 + 2e^{-\frac{2\pi}{Test\ X/R}}}} \quad (V.7)$$

2.2 Întrerupătoare fără siguranțe fuzibile de tip PCB/MCCB/ICCB cu reglaj instantaneu

$$LVF_{asym} = \frac{1 + e^{-\frac{2\pi\tau}{Calc\ X / R}}}{1 + e^{-\frac{2\pi T}{Test\ X / R}}} \quad (V.8)$$

în care

$$\tau = 0.49 - 0.1e^{-\frac{Calc\ X / R}{3}} \quad \text{iar} \quad T = 0.49 - 0.1e^{-\frac{Test\ X / R}{3}}$$

În modulul EDSA se poate selecta „Control for ANSI/IEEE” pentru a alege $\tau = T = 0.5$ în locul folosirii formulei empirice prin selectarea „Applies 0.5 Cycles”.

2.3 Întrerupătoare de tip PCB fără siguranțe și fără reglaj instantaneu

Dacă întrerupătorul nu are reglaj instantaneu și nu are siguranțe fuzibile se indică două valori nominale ale curentului de scurtcircuit (de vârf și asimetric). Ca urmare, se determină două valori ale factorului de multiplicare: LVF_p și LVF_{asym} .

$$LVF_{asym} = \frac{\sqrt{1 + 2e^{-\frac{4\pi}{Calc\ X / R}}}}{\sqrt{1 + 2e^{-\frac{4\pi}{Test\ X / R}}}} \quad (V.9)$$

unde t este durata de comutare a întrerupătorului, în perioade, la întrerupere. Valoarea implicită a modulului EDSA este de 3 perioade.

$$LVF_p = \frac{1 + e^{-\frac{2\pi\tau}{Calc\ X / R}}}{1 + e^{-\frac{2\pi T}{Test\ X / R}}} \quad (V.10)$$

cu τ și T având valorile precizate anterior.

3. Dacă oricare dintre valorile LVF este mai mică decât 1.0, se utilizează în calcule valoarea 1.0.
4. Se calculează factorul de ajustare la întrerupere – $I_{int,adj}$ după cum urmează:

4.1 Întrerupătoare cu siguranțe fuzibile

$$I_{int,adj} = LVF_{asym} \cdot I_{sym,rms}$$

pentru 3-8 perioade din momentul scurtcircuitului.

4.2 Întrerupătoare fără siguranțe fuzibile cu reglaj instantaneu

$$I_{int,adj} = LVF_p \cdot I_{sym,rms}$$

pentru prima jumătate de perioadă.

4.3 Întrerupătoare fără siguranțe fuzibile fără reglaj instantaneu

$$I_{int,adj} = LVF_{asym} \cdot I_{sym,rms}$$

pentru 3-8 perioade din momentul scurtcircuitului.

$$I_{int,adj} = LVF_p \cdot I_{sym,rms}$$

pentru prima jumătate de perioadă.

5. Se compară $I_{int,adj}$ cu valoarea curentului de întrerupere simetric al întrerupătorului I_s . Dacă $I_s \geq I_{int,adj}$ atunci întrerupătorul poate fi montat în instalație.
6. Se determină rezerva de capacitate cu relația

$$\% rating = \frac{I_{int,adj}}{I_s} 100$$

V.7.3 Dimensionarea conformă a siguranțelor automate de JT și de MT și a întrerupătoarelor acționate manual

Mărimea ce caracterizează capacitatea de întrerupere a unei siguranțe reprezintă curentul maxim asimetric, în valori efective, pe care siguranța automată îl poate întrerupe rămânând intactă. Siguranța are un curent nominal simetric de întrerupere dar poate întrerupe și componenta continuă (aperiodică) a cărei valoare maximă depinde de raportul X/R al circuitului.

Modulul EDSA parcurge următorii pași în dimensionarea și alegerea acestor aparate:

1. Calculează curentul de scurtcircuit la o jumătate de perioadă – $I_{sym,rms}$
2. Calculează I_{asym}

$$I_{asym,adj} = MF_{asym} (1/2 cycle)$$

Dacă siguranța este specificată prin curentul simetric de rupere, atunci factorul de multiplicare se determină cu relația (V.1):

$$MF_{asym} = \sqrt{1 + 2 \cdot e^{-\frac{2\pi}{X/R}}}$$

Dacă siguranța este specificată pentru curentul asimetric de rupere atunci factorul de multiplicare se determină cu relația:

$$LVF_{asym} = \frac{\sqrt{1 + 2e^{-\frac{2\pi}{Calc\ X / R}}}}{\sqrt{1 + 2e^{-\frac{2\pi}{Test\ X / R}}}} \quad (V.11)$$

3. Compară $I_{asym,adj}$ cu curentul nominal de rupere simetric al siguranței (I_s).
Dacă $I_s \geq I_{asym,adj}$, siguranța este bine aleasă.
4. Calculează rezerva de capacitate a siguranței

$$\% rating = \frac{I_{asym,adj}}{I_s} 100 \quad (V.12)$$

Notă: Pentru întrerupătoarele cu acționare manuală standardizate se aplică aceeași procedură.

În figura V.1 este detaliat algoritmul de alegere și verificare a întrerupătoarelor după standardele ANSI/IEEE, algoritm care stă la baza calculului de scurtcircuit din modulul specializat al programului EDSA.

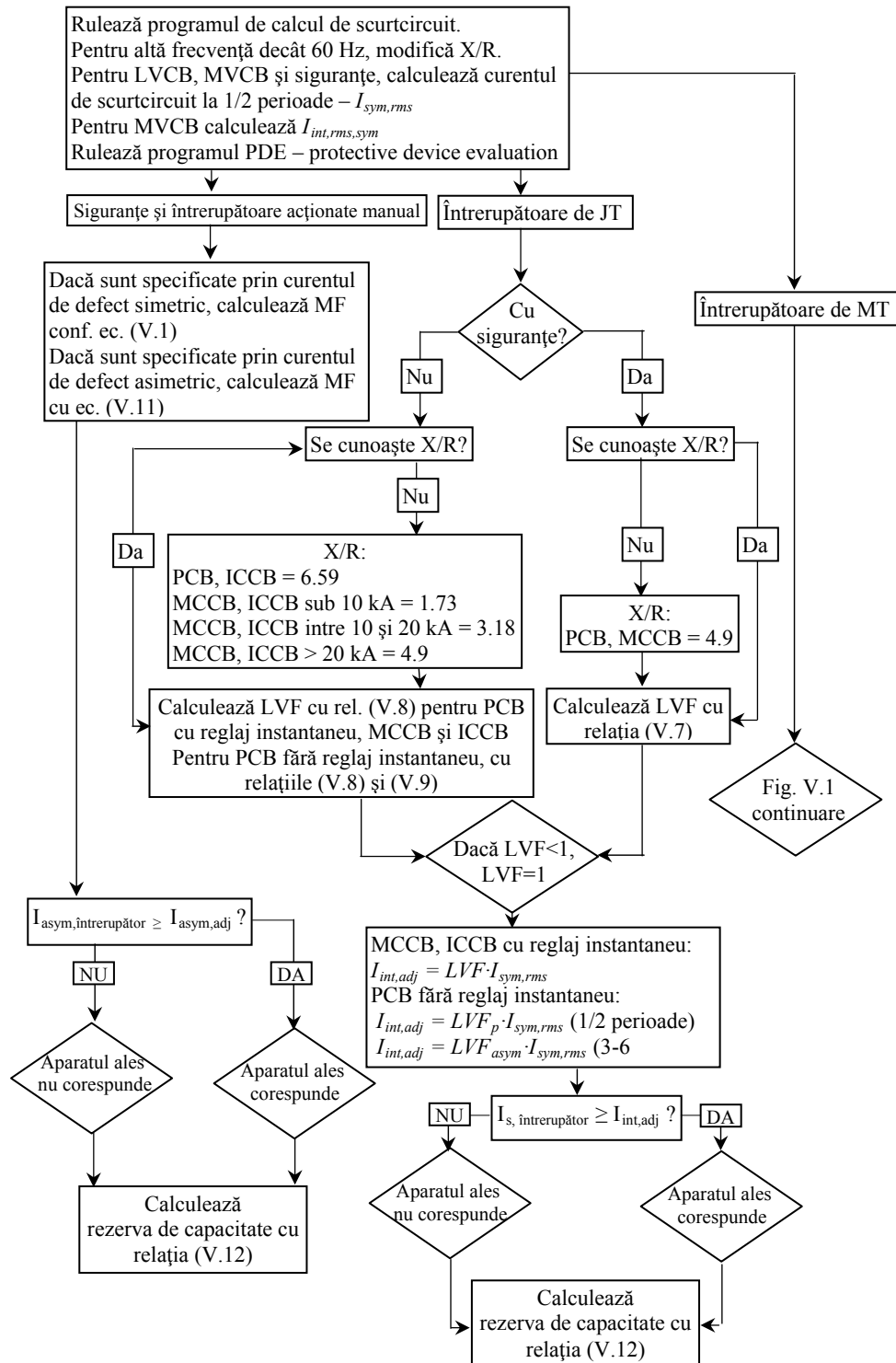


Fig.V.1 Algoritmul de calcul și verificare la scurtcircuit a aparatelor conform standardelor ANSI/IEEE

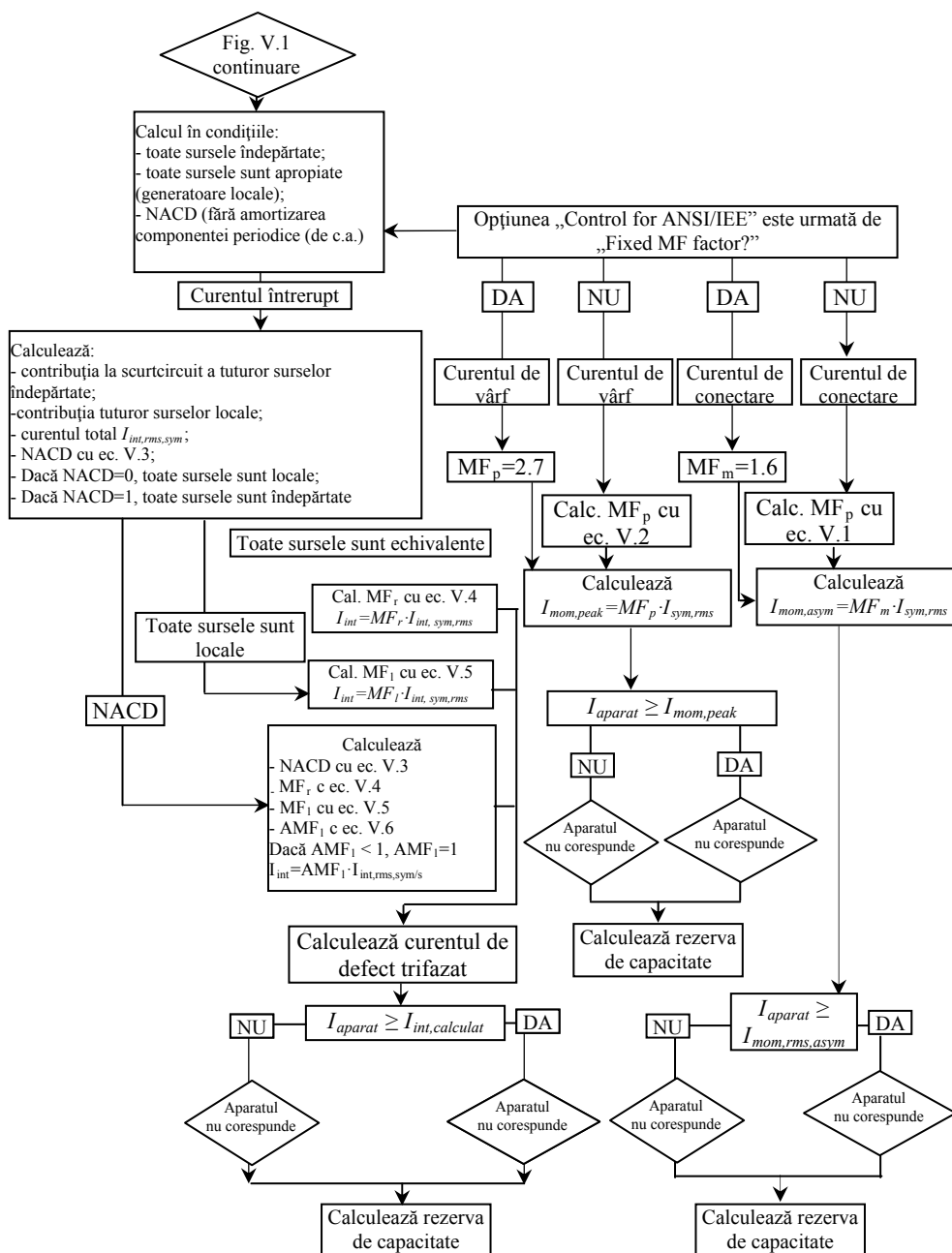


Fig. V.1 (continuare) Algoritm de calcul și verificare la scurtcircuit a aparatelor conform standardelor ANSI/IEEE

V.8 Calculul curenților de scurtcircuit în programul EDSA

V.8.1 Metode de calcul și utilizarea programului

Lansarea modulului de calcul a curenților de scurtcircuit se face ca în figura V.2.

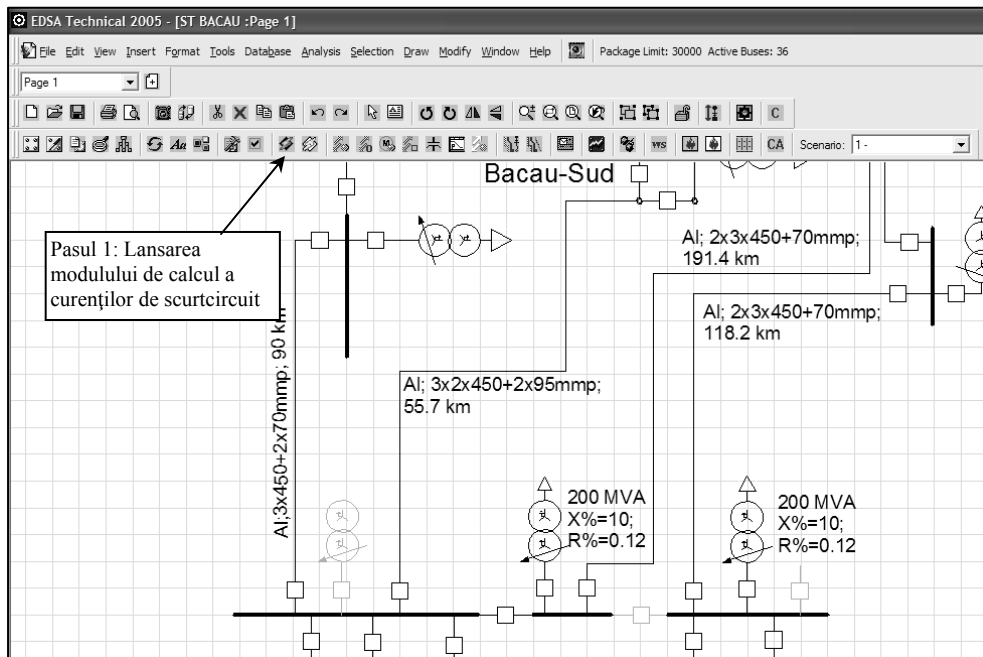


Fig. V.2 Lansarea modulului pentru calculul și analiza fenomenului de scurtcircuit

Fereastra modulului corespunzător deschide seria de butoane care permit selectarea mai multor opțiuni de calcul și de vizualizare a rezultatelor. Sunt disponibile mai multe metode de calcul având la bază fie standardele ANSI/IEEE fie IEC, fig. V.3, atât pentru rețele trifazate cât și pentru cele monofazate de curent alternativ. Modulul de calcul are implementate următoarele metode:

- AC ANSI/IEEE
- AC Classical: metoda impedanței complexe Z și a raportului X/R având la bază impedanța Z
- AC IEC 60909
- AC IEC 61363
- AC 1 Phase

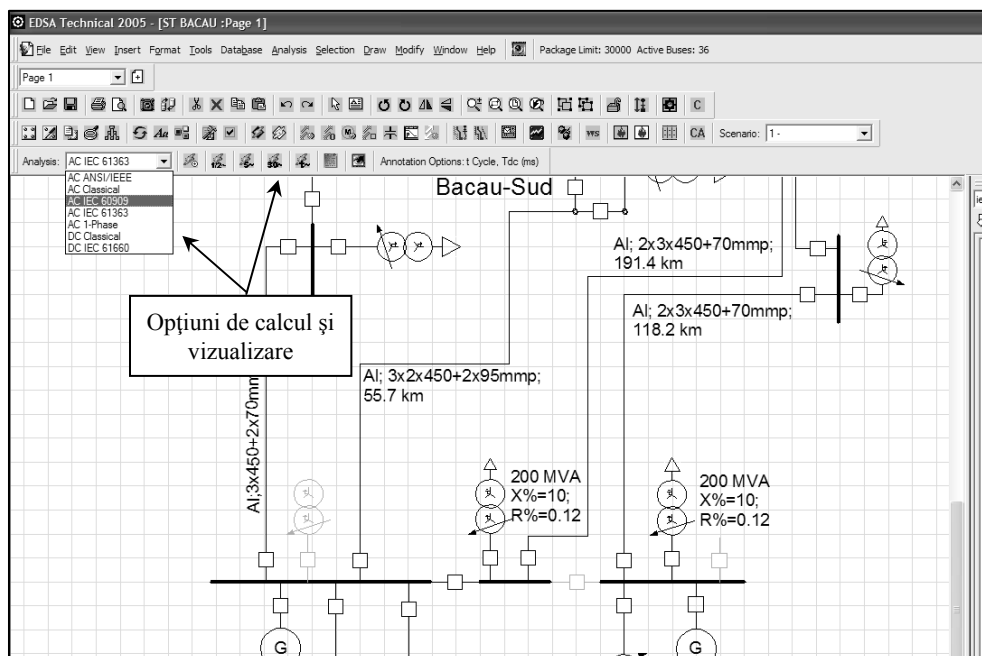


Fig. V.3 Selectarea metodei de calcul a scurtcircuitului și a opțiunilor aferente metodei

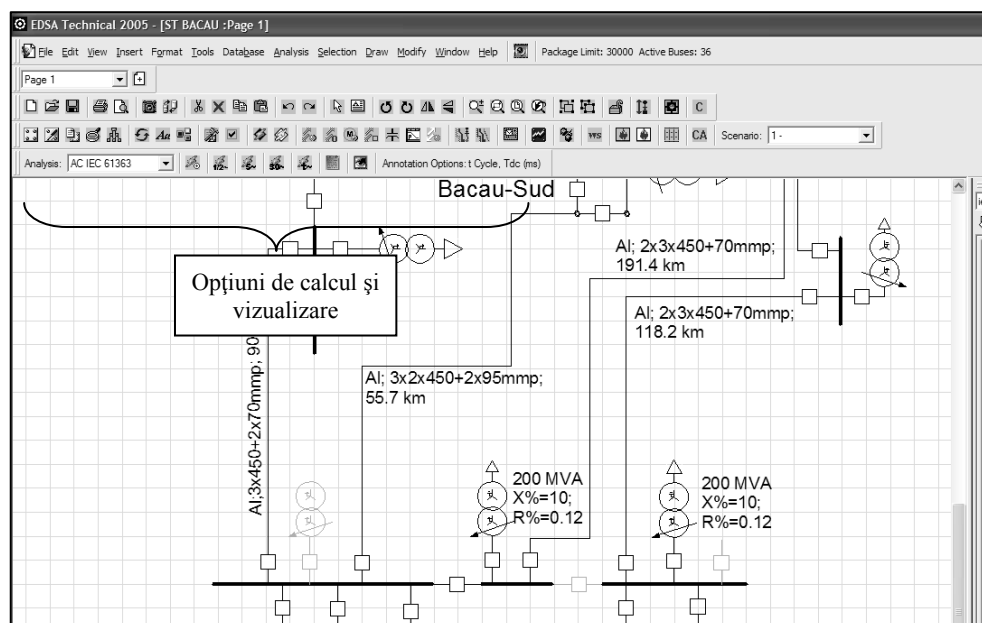


Fig. V.4 Opțiuni de calcul a curenților de scurtcircuit și vizualizare a rezultatelor

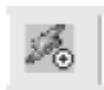
V.8.2 Metoda de calcul ANSI/IEEE a curenților de scurtcircuit

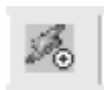
Opțiunile din fig. V.4, permit următoarele:

-  detalierea unor opțiuni de calcul;
-  3P, 3P-G: calculul curenților de scurtcircuit la 30 de perioade;
-  3P, LL, LG, LLG: calculul curenților de scurtcircuit la 1/2 perioade;
-  3P, LL, LG, LLG: calculul curenților de scurtcircuit la 5 perioade;
-  3P, LL, LG, LLG: calculul curenților de scurtcircuit la 30 perioade;

Opțiunea „*Short circuit analysis*” permite două alternative:

- Butonul „Calculation” cu aceleași opțiuni ca pentru AC ANSI/IEEE, AC Classical, AC IEC 60909, AC IEC 61363 și AC 1 Phase. Dacă se dorește calculul scurtcircuitului în rețeaua monofazată (scurtcircuite simetrice), programul consideră scurtcircuitele, pe rând, în toate nodurile.
- Butonul „Control” în funcție de metoda de calcul aleasă.



Se apasă pe butonul  pentru a deschide fereastra „*Short circuit analysis option*” prezentată în figura V.5 pentru detalierea opțiunilor de calcul. Folosind butonul „Calculation”, utilizatorul poate selecta următoarele:

- „Base Voltage” - tensiunea de bază: modificată în funcție de poziția comutatorului de ploturi al transformatorului de putere sau se poate selecta tensiunea nominală a sistemului (rețelei);
- „Prefault voltage to be used in fault calculation” - tensiunea la locul defectului anterioară acestuia: poate fi tensiunea nominală a rețelei, tensiunea calculată de program înaintea producerii defectului sau tensiunea în unități fizice raportate la o altă tensiune a rețelei;
- „Default output” - rezultate (mărimi de ieșire): conform celor selectate prin butonul „Annotation”, raportare într-un formular special sau fără raportare;

- „Contribution level” – contribuția celorlalte noduri la curentul de scurtcircuit: nivelul „depărtării” nodurilor considerate în calcul, în raport cu nodul analizat; în funcție de numărul nodurilor rezultat al acestei selecții, rezultatele vor fi afișate pe ecran și tipărite în fișierul raport;

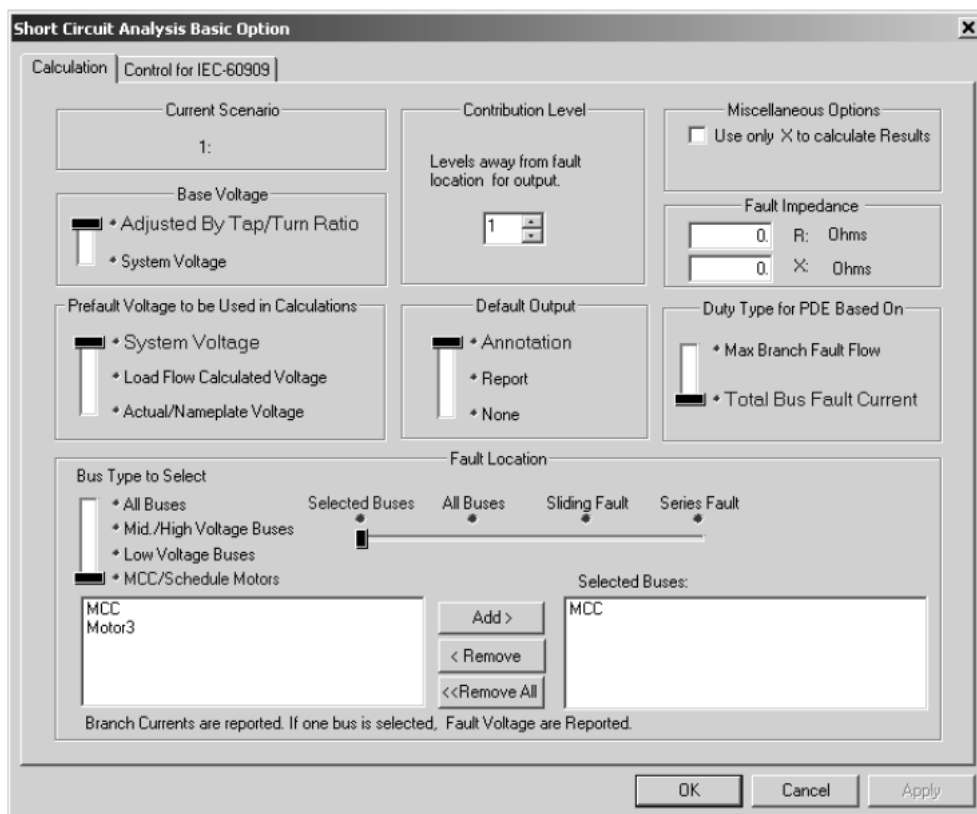


Fig. V.5 Opțiuni de bază pentru calculul curenților de scurtcircuit

- „Fault impedance” – impedanța de defect: numai în cazul în care s-a selectat un singur nod;
- „Fault location” – localizarea scurtcircuitului: numai nodurile selectate, toate nodurile, defect „alunecător” sau defecte înseriate (metode de calcul IEC 61363 și AC 1Phase nu se aplică pentru scurtcircuitele de tip „alunecător” și de tip serie);
- „Miscellaneous options” – opțiuni diverse: utilizarea numai a reactanței X în calcule iar apoi selectarea unui defazaj;

- „Duty type for PDE based on” – tipul de solicitare pentru determinarea valorilor corespunzătoare dispozitivelor de protecție: curentul maxim prin latură sau curentul de defect la scurtcircuit pe bare (în nod)

Opțiunea „*Fault location*” – *localizarea defectului*

Permite selectarea următoarelor variante de calcul:

- defect într-un singur nod sau în mai multe;
- defecte în toate nodurile rețelei, nu simultan ci pe rând: în funcție de tipul de defect selectat, programul va considera scurtcircuite de tip 3P, LG, LL, LLG pe rând, în fiecare nod al rețelei.

Opțiunea „*One bus*” – *un singur nod*

Nodul poate fi selectat:

- grafic, cu ajutorul mouse-ului pe schema monofilară sau
- prin selectarea numărului nodului (ID-ului) în „Short circuit option” și apoi, cu „Add”, nodul selectat va fi transferat în lista cu „Selected buses”. Pentru operațiunea inversă, din lista cu „Selected buses” se alege nodul și apoi se șterge cu butonul „Remove”.

Dacă este selectat un singur nod, se poate analiza orice tip de defect în raport cu acel nod, se determină contribuția laturii adiacente și se determină tensiunea post-scurtcircuit.

Efectuarea calculelor de scurtcircuit în *mai multe noduri* se poate face:

- grafic, pe schemă monofilară, selectând cu ajutorul mouse-ului nodurile dorite: click pe tasta activă + shift și apoi nod cu nod, locațiile dorite;
- din lista de menu-uri: din lista de noduri ale rețelei se selectează cele dorite și se transferă, nod cu nod, în lista cu noduri selectate.

Observații:

- Defectele în mai multe noduri se simulează pe rând, nu simultan. În funcție de categoria selectată, programul inițiază defecte de tip 3P, LG, LL și LLG în fiecare nod selectat.
- Pe schema monofilară de pe ecran, sunt afișate rezultate: $I_{sym,rms}$, $I_{dc,rms}$, $I_{asym,rms}$, i_{peak} în funcție de modul în care au fost selectate prin butonul „Back Annotation”.

Opțiunea „All buses” – toate nodurile

Aceasta poate fi aleasă numai din fereastra „Short circuit analysis basic option”:

- scurtcircuiturile sunt simulate, pe rând, în fiecare nod al rețelei; sunt simulate toate tipurile de scurtcircuituri;
- pe ecran, sunt afișate rezultate: $I_{\text{sym,rms}}$, $I_{\text{dc,rms}}$, $I_{\text{asym,rms}}$, i_{peak} în funcție de modul în care au fost selectate prin butonul „Back Annotation”;
- nodurile sunt colorate în roșu.

Raportul, elaborat de program în urma calculelor de scurtcircuit, cuprinde informații detaliate despre:

- curenții de scurtcircuit de tip 3P, LL, LLG, LG în nodurile rețelei, în funcție de opțiunea utilizatorului;
- curenții corespunzători din laturile rețelei;
- factorii de multiplicare la scurtcircuit;
- un rezumat cu rezultate sintetice.

Opțiunea „Sliding fault” – defect alunecător

Programul EDSA poate simula un defect pe lungimea unei laturi (linii) a rețelei. Această opțiune elimină necesitatea creării unor noduri fictive de-a lungul unei linii electrice. Figura de mai jos, V.6, exemplifică modul de considerare a unui defect alunecător nu prin alegerea nodurilor fictive F1, F2, F3 și F4 ca puncte de defect ci prin declararea unui singur defect dar cu localizare specifică – distanța față de nod, multiplă (F).

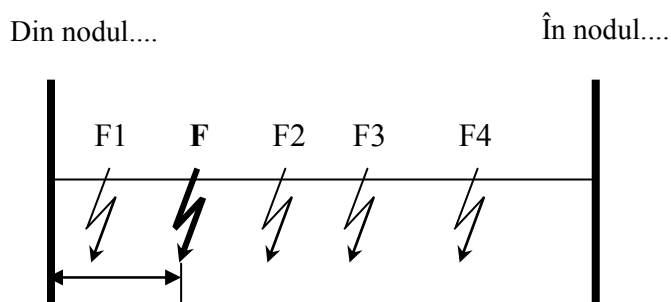


Fig.V.6 Modul de considerare a defectului „alunecător”



Utilizatorul selectează butonul „Short circuit option” iar butonul „Calculation” permite selectarea „Sliding fault” - defect alunecător, fig.V.7.

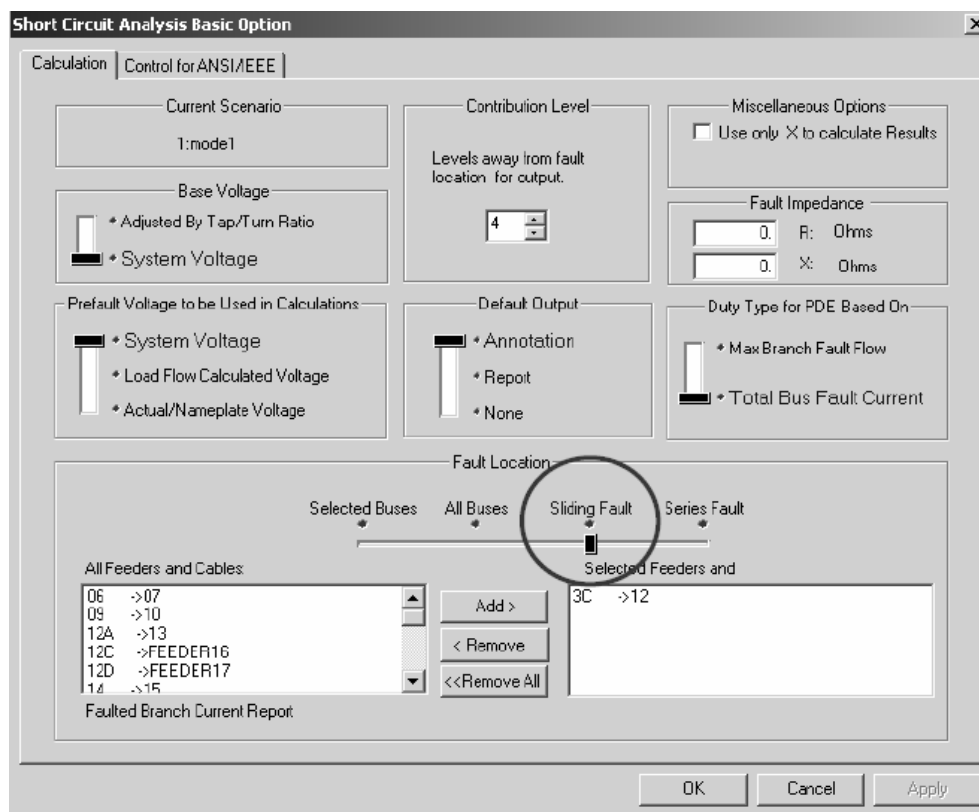


Fig.V.7 Selectarea tipului de scurtcircuit „alunecător”

Opțiunea „Feeder / Branch” – latură rețea

În fereastra „All feeders and cables” se selectează latura de rețea dorită și se apasă apoi pe butonul „Add” pentru a transfera latura în lista „Selected feeders and cables”.

Pentru a înlătura o latură din lista celor selectate, în fereastra „Selected feeders and cables” se alege cu mouse-ul latura dorită și apoi se apasă pe butonul „Remove” după care latura respectivă se va regăsi în lista „All feeders and cables”.

Modulul EDSA permite selectare numai a unei laturi de tip linie electrică pentru studiul defectului alunecător. După selectare, se apasă pe butonul „OK”

care lansează fereastra „Report manager for sliding fault calculation” conform figurii V.8.

Report Manager For Sliding Fault Calculation

Fault Position on the Cable/Feeder
 Name: 3C ->12
 Cable's Length : 300. Feet
 Any Position 150 Feet
 Even Space 3
 # of Fault Spots

Input Data to Display in Your Report
☒ System Details
☒ Per-Unit Value
☒ Abbreviation

Output Results to Display in Your Report
☒ 0.5 Cycle --Sym.--3P;LL;LG; LLG Faults
☒ Detailed Fault Report
☒ Bus
☒ Branch

Unit

Current	Capacity	Voltage	Per Unit Multiplying Factor
☒ Amps ☐ KiloAmps	☒ KVA ☐ MVA	☒ Volts ☐ KiloVolts	% X/R
Decimal Places: 0	Decimal Places: 2	Decimal Places: 0	Decimal Places: 4

Print Style
 Narrow Print Wide Print
 Lines/Page: 60
 Branch Report: ☒ From--> To
☒ Branch Name

Output File
☒ Output to CSV
☐ Output to Text File: Browse...
☐ Do not Show Warnings Message Box: LogFile

OK Close

Fig. V.8 Opțiuni pentru studiul scurtcircuitului alunecător

Observație: Defectul de tip alunecător nu se poate studia dacă a fost aleasă metoda de calcul IEC 61363 sau AC 1 Phase.

Programul permite utilizatorului să stabilească locul scurtcircuitului pe latura aleasă anterior: „Any position” – orice loc față de punctul „From bus” sau se poate selecta „Number of faults spots” – un număr multiplu de locuri de scurtcircuit, la distanțe predefinite, de-a lungul laturii (liniei electrice) selectate.

Programul împarte automat linia în segmente egale și puncte echidistante de scurtcircuit. Contribuția la curentul de scurtcircuit a ambelor noduri (bare) din capetele liniei sunt luate în considerare raportându-se și valorile tensiunilor din aceste noduri, de o parte și de alta a liniei. Dacă se selectează numai un singur punct de defect trebuie specificat exact locul acestuia. De exemplu, la 3 km de nodul X.

Tipurile de scurtcircuite studiate sunt: 3P, LL, LG, LLG iar rezultatele se pot exprima astfel:

- pentru curenții de scurtcircuit, A sau kA;
- pentru puteri, KVA sau MVA;
- pentru tensiuni nodale: V sau kV;
- pentru factorii de multiplicare, u.r., %X/R

Pentru toate mărimile de mai sus se poate prestabili precizia rezultatelor prin alegerea numărului de zecimale.

Opțiunea „Series fault” – defect de tip serie

Defectele de tip serie (o fază întreruptă, două faze întrerupte, impedanțe longitudinale diferite) cu sau fără dezechilibrul neutrului pot fi studiate în modulul EDSA. Defectele de tip serie sunt prezentate în figura V.9. Acestea pot fi analizate și au semnificație numai dacă se consideră și sarcina anterioară defectului, eventual rezultată dintr-un calcul de regim permanent. Pentru defectele serie, tensiunea echivalentă în punctul de întrerupere este determinată pe baza curentului dinaintea defectului în locul de dezechilibru. Impedanțele de defect implicite Z_a , Z_b și Z_n sunt următoarele:

- pentru o fază întreruptă (faza A), $Z_b = Z_n = 0.0 + j0.0$;
- pentru două faze întrerupte (B și C), $Z_a = Z_n = 0.0 + j0.0$;
- pentru dezechilibre serie (fazele A, B și C), $Z_a = Z_b = Z_n$.

În fereastra „Short circuit analysis option”, fig. V.10, se alege „Series fault” – defect tip serie pentru analiza defectului de tip „o fază întreruptă”.

Opțiunea „Feeder/branch” – latură

- se selectează latura dorită în „All feeders and cables” și apoi

- se apasă pe butonul „Add”; latura aleasă este transferată în lista „Selected feeders” așa cum este arătat în fig. V.11.

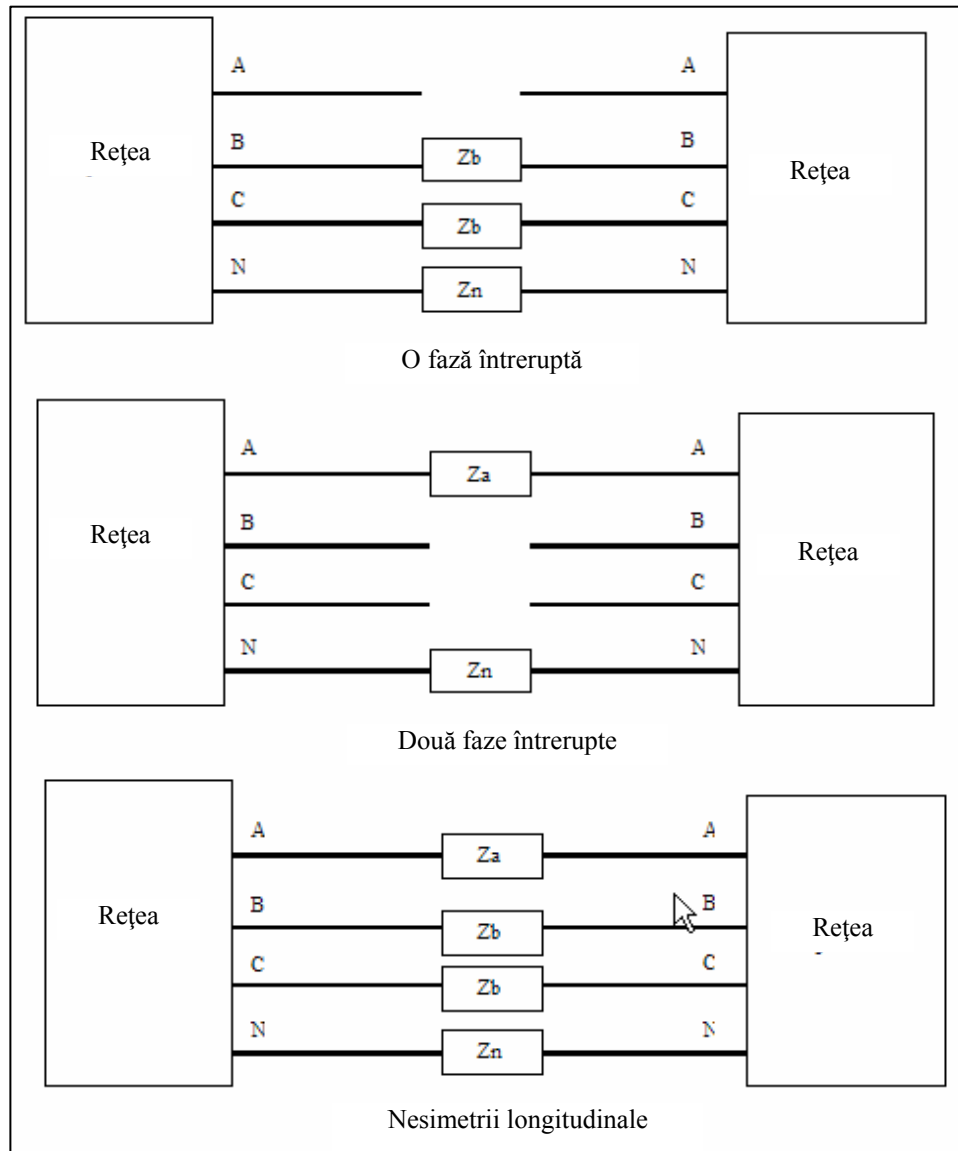


Fig.V.9 Tipuri de defecte serie

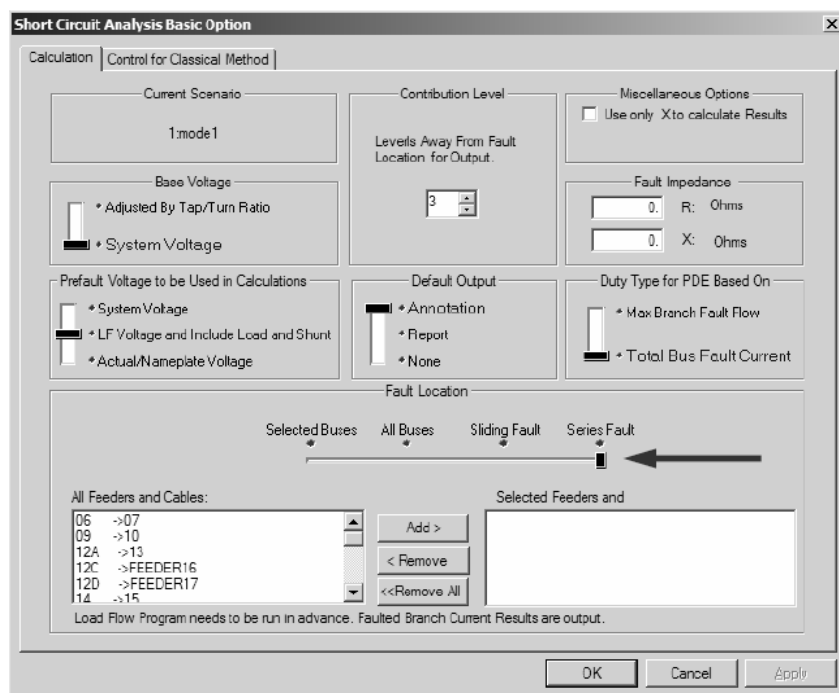


Fig. V.10 Selectarea defectelor de tip serie

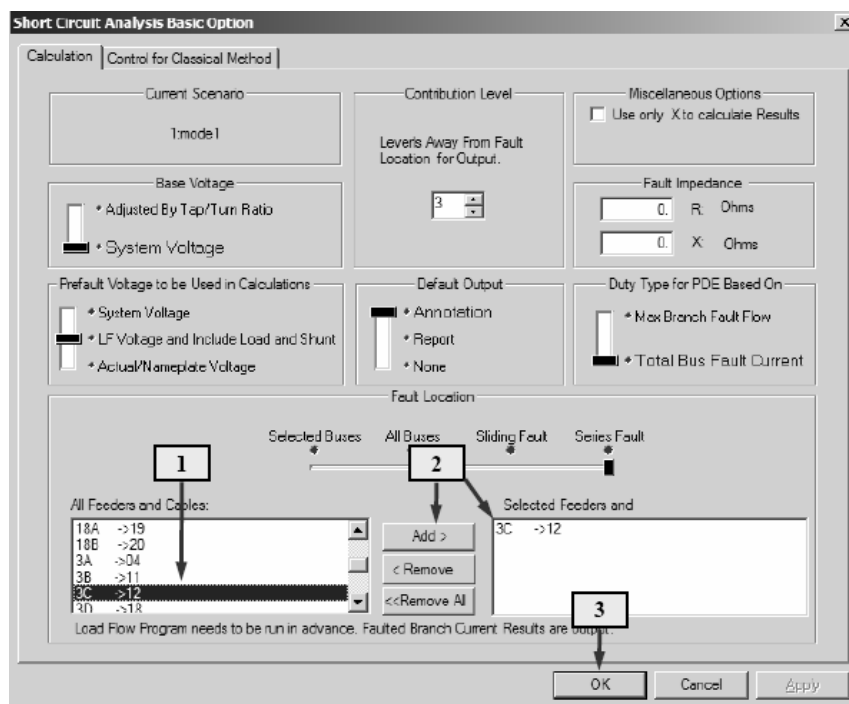


Fig. V.11 Selectarea laturii cu defect de tip serie

- pentru deselectarea din listă a unei laturi, în lista „Selected feeders” se alege latura dorită apoi se apasă pe butonul „Remove” iar aceasta se reintroduce în lista „All feeders and cables”.

Studiul defectelor de tip serie se poate face numai pe o singură latură și nu pe mai multe, simultan.

„Report manager for series fault calculation” – prezentarea rezultatelor în urma studierii defectelor de tip serie:

Figura V.12 indică toate opțiunile în acest scop.

Fig.V.12 Opțiunile de prezentare a rezultatelor pentru defectele de tip serie

Programul permite utilizatorului să selecteze:

- o fază întreruptă;
- două faze întrerupte;
- defect serie nesimetric.

La locul defectului se poate alege valoarea impedanței, în Ω , iar unitățile în care sunt calculate rezultatele pot fi:

- A sau kA pentru curenți;
- KVA sau MVA pentru puteri;
- V sau kV pentru tensiuni.

Opțiunea „AC ANSI/IEEE standard” se poate alege din fereastra inițială „Short circuit analysis basic option”, așa cum rezultă din fig. V.13.

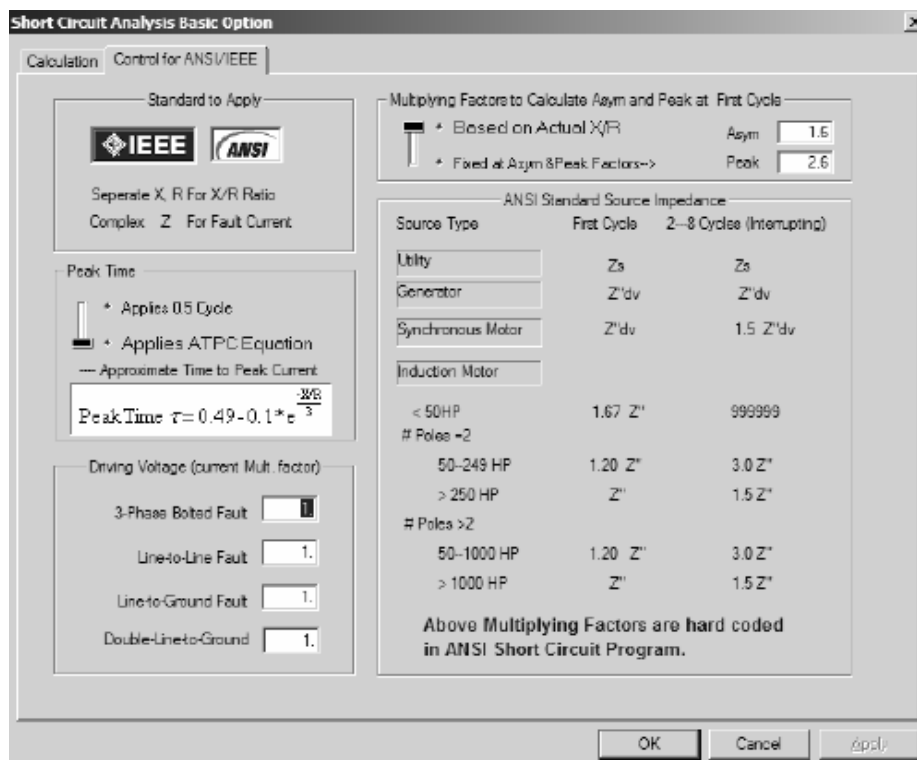


Fig.V.13 Selectarea opțiunii de calcul AC ANSI/IEEE

Metoda de calcul AC ANSI/IEEE are la bază utilizarea matricii separate pentru R și X.

Factorii de multiplicare ai curentului de scurtcircuit permit utilizatorului să stabilească un coeficient marginal pe durata de efectuare a calculelor. Fereastra din fig. V.13 include și informații asupra impedanțelor folosite în cadrul metodei: pentru prima perioadă, 2-8 perioade, așa cum este prevăzut în standardele ANSI/IEEE.

Calculul factorilor de multiplicare MF are la bază:

- raportul X/R folosind ecuațiile din paragraful V.7 sau
- fără a considera raportul X/R, se alege valoarea pentru MF.

Calculul factorului de multiplicare MF se poate face selectând valoarea empirică pentru τ sau $\tau = T = 0.5$.

V.8.3 Metoda clasică de calcul a curenților de scurtcircuit

Metoda clasică se bazează pe determinarea valorii complexe E/Z și a raportului X/R care este extras din matricea admitanțelor complexe [X/R]. Fereastra de calcul, cu opțiuni, este cea din figura V.14.

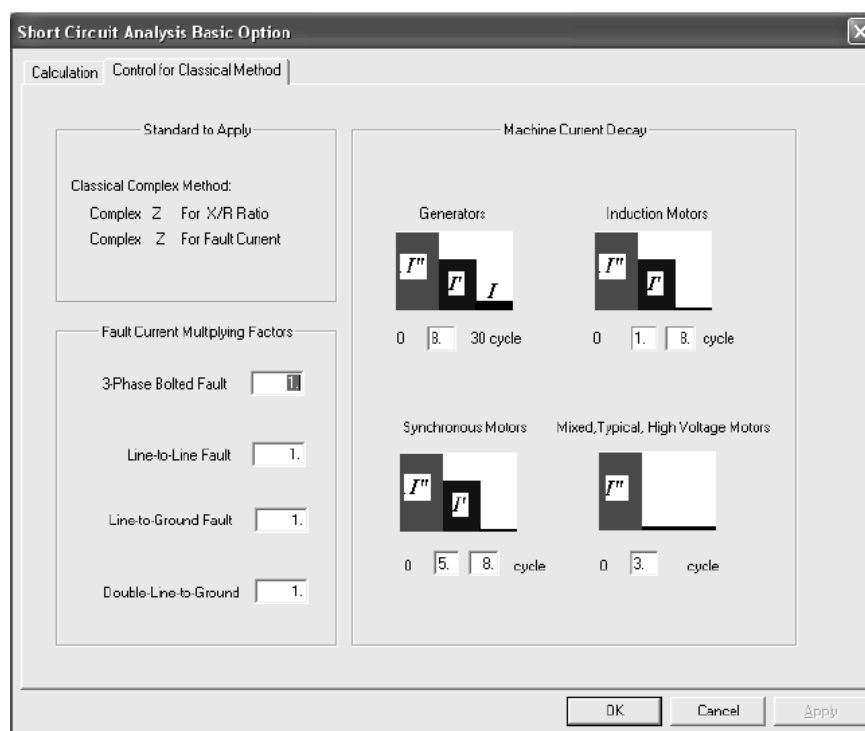


Fig.V.14 Fereastra cu opțiuni pentru calculul scurtcircuitelor prin metoda clasică

Butonul „Calculation” este identic cu cel din metoda ANSI/IEEE, anterioară. Factorii de multiplicare ai curentului de scurtcircuit pot fi selectați de utilizator la valori marginale. Durata de amortizare a curenților mașinilor electrice (generatorare, motoare) poate fi, de asemenea, stabilită de utilizator, în perioade.

V.8.4 Metoda AC IEC 60909 de calcul a curenților de scurtcircuit

Fig.V.15 arată opțiunile de calcul și afișare pentru această metodă..

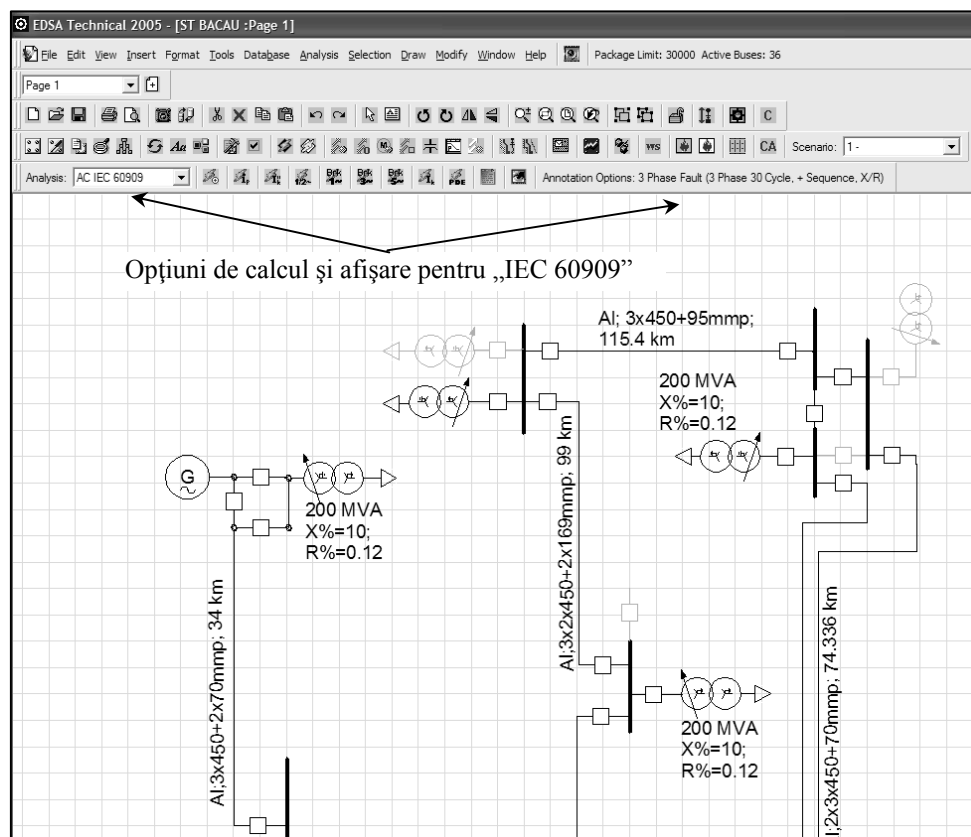


Fig.V.15 Metoda IEC 60909 de calcul a curenților de scurtcircuit - opțiuni

Butoanele permit selectarea următoarelor:

-  curentul de scurtcircuit de vârf pentru defecte de tipul 3P, LL, LG, LLG;

-  curentul inițial, simetric, de scurtcircuit pentru defecte de tipul 3P, LL, LG și LLG;
-  curentul de defect în prima jumătate de perioadă pentru scurtcircuite de tipul 3P, LL, LG și LLG;
-  curentul de rupere în prima perioadă pentru defecte de tipul 3P, LL, LG și LLG;
-  curentul de rupere, după trei perioade, pentru defecte de tipul 3P, LL, LG și LLG;
-  curentul de rupere, după cinci perioade, pentru defecte de tipul 3P, LL, LG și LLG;
-  curentul de scurtcircuit stabilizat, după defecte de tipul 3P, LL, LG și LLG;
-  alegerea și reglarea dispozitivelor de protecție;
-  raportul cu rezultatele analizei fenomenului de scurtcircuit analizat.

Metoda are la bază standardul IEC 60909. Opțiunile de calcul sunt similare cu cele din metoda bazată pe standardele ANSI/IEEE. Utilizatorul poate selecta, conform figurii V.16, factorii de multiplicare și metoda de calcul a valorii de vârf a curentului de scurtcircuit: metoda A, B, C sau metoda Thevenin.

Totodată, se poate preselecta:

- tensiunea actuală a sistemului;
- tensiunea maximă;
- tensiunea minimă.

Metode pentru calculul curentului de vârf

- **Metoda A:** ia în considerare ramura cu cel mai mare raport X/R , conectată la locul defectului. Această latură trebuie să fie într-un grup de laturi prin care se preia 80% din curentul de defect. Pentru a determina grupul de laturi ce îndeplinește această condiție, se pot observa laturile, în ordine descrescândă a contribuției lor la curentul de defect. Începând cu latura ce are curentul cel mai mare, se adaugă latură cu latură până ce se obține valoarea ce reprezintă 80% din curentul de defect. O latură poate fi formată din 2 sau mai multe elemente în serie. În cazul sistemelor de joasă tensiune, factorul de multiplicare X_b se alege astfel încât $X \cdot X_a$ (factorul de multiplicare de vârf) să nu fie mai mare de 1.8. Metoda A consideră $X_a = 1$.

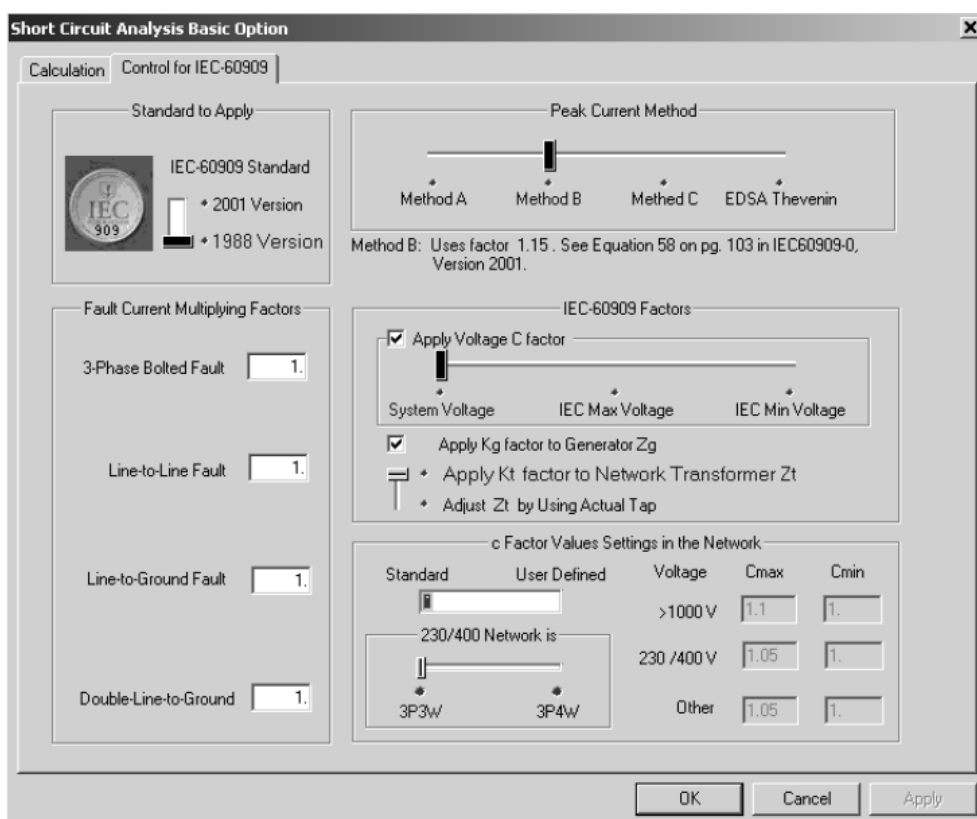


Fig. V.16 Metoda pentru calculul curentului de vârf din IEC 60909

- **Metoda B:** folosește pentru calculul curentului de vârf în rețelele buclate și consideră $X_b = 1.15$. Pentru sistemele de joasă tensiune, produsul $X \cdot X_b$ este

limitat la 1.8 iar pentru cele de înaltă tensiune la 2.0 conform standardului IEC 60909;

- **Metoda C:** efectuează o a doua reducere a rețelei cu reactanțele multiplicare cu 40%. Rapoartele X/R determinate pentru frecvența de bază (50 Hz) și pentru frecvența mai mare cu 40% (70Hz) sunt folosite pentru determinarea mai precisă a raportului X/R decât în cazul metodei reducerii frecvenței de bază (metodele A și B). Folosind valoarea corectată a raportului X/R și cu valoarea $X_c = 1$, se determină curentul de vârf.
- metoda Thevenin: X se determină folosind echivalentul Thevenin.

Coeficienții de corecției a impedanței

1. Impedanța Z_g a generatorului se multiplică cu factorul K_g (fig. V.17).

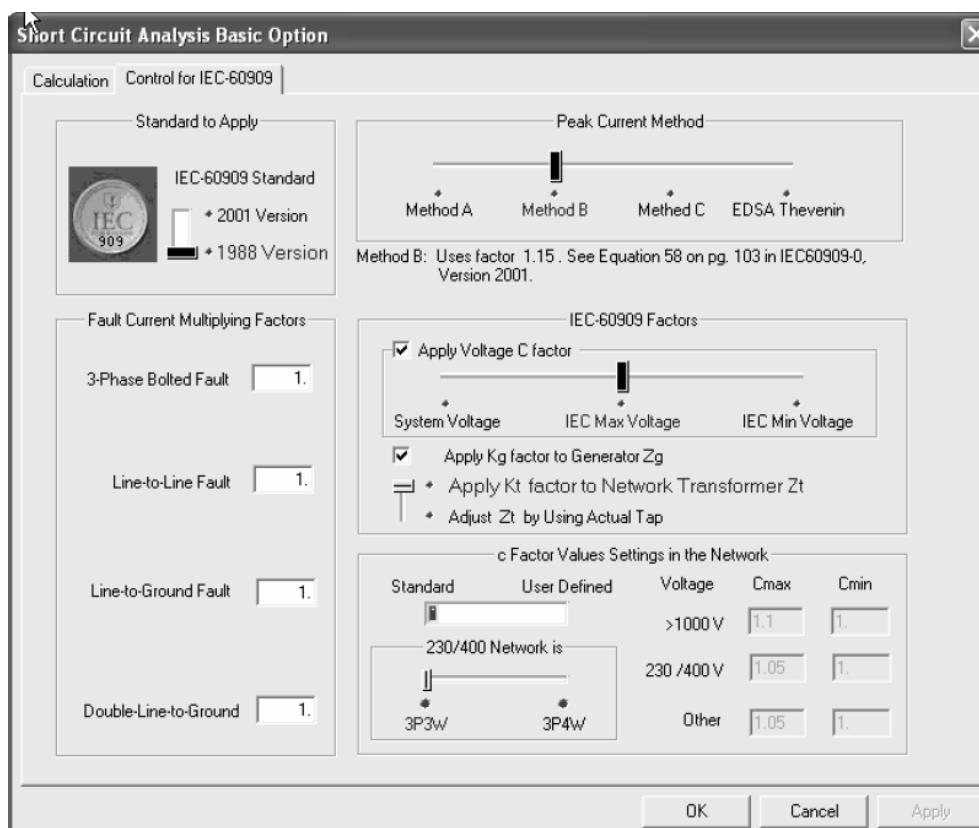


Fig. V.17 Corectarea impedanței Z_g a generatorului

Factorul K_g este calculat cu relația (V.13) conform standardului IEC 60909:

$$K_g = \frac{U_n}{U_{rg}} \frac{c_{\max}}{1 + X_d'' \sin \varphi_g} \quad (\text{V.13})$$

în care U_n este tensiunea nominală a sistemului, U_{rg} este tensiunea nominală a generatorului, X_d'' reactanța subtranzitorie, în u.r. nominale, a generatorului iar $\sin \varphi_g$ corespunde defazajului dintre curent și tensiune la bornele generatorului.

2. Impedanța Z_t a transformatorului de putere se multiplică cu factorul K_t (fig. V.18) în cazul în care scurtcircuitul se produce la bornele unui transformator de putere.

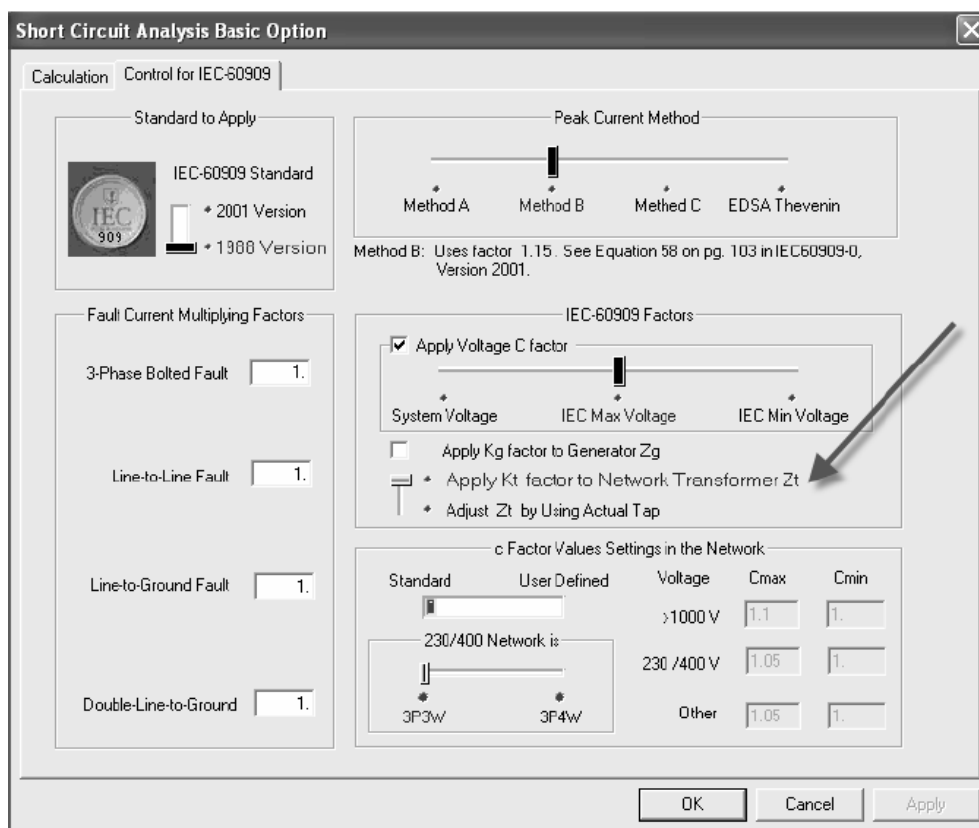


Fig.V.18 Corectarea impedanței transformatoarelor conform IEC 60909

Pentru un transformator de putere trifazat, ca în fig. V.19, având două înfășurări, cu sau fără comutator de ploturi, factorul de corecție K_t al impedenței se calculează, conform standardului IEC 60909, cu relația (V.14):

$$K_t = 0.95 \frac{C_{\max}}{1 + 0.6X_t} \quad (\text{V.14})$$

Fig. V.19 Transformatorul de putere în EDSA

În relația (V.14), X_t este reactanța relativă a transformatorului iar $C_{\max}$ (ca și pentru ecuația V.13) se alege conform tabelului V.6 în funcție de tensiunea nominală a rețelei din secundarul transformatorului (tensiunea inferioară). Acest factor de corecție nu se folosește pentru transformatoarele din stații ci numai pentru cele de rețea și numai dacă se activează opțiunea „Network transformer (used in IEC 60909 method)” așa cum este prezentat în fig. V.19 și specificat în standard.

3. Corectarea impedenței Z_t a transformatorului considerând poziția actuală a comutatorului de ploturi

Opțiunea, odată aleasă conform figurii V.20, permite programului să ajusteze impedența Z_t a transformatorului corespunzător poziției actuale a comutatorului de ploturi. Dacă este selectată opțiunea de calcul conform IEC 60909, factorul „c” se determină conform tabelului V.6.

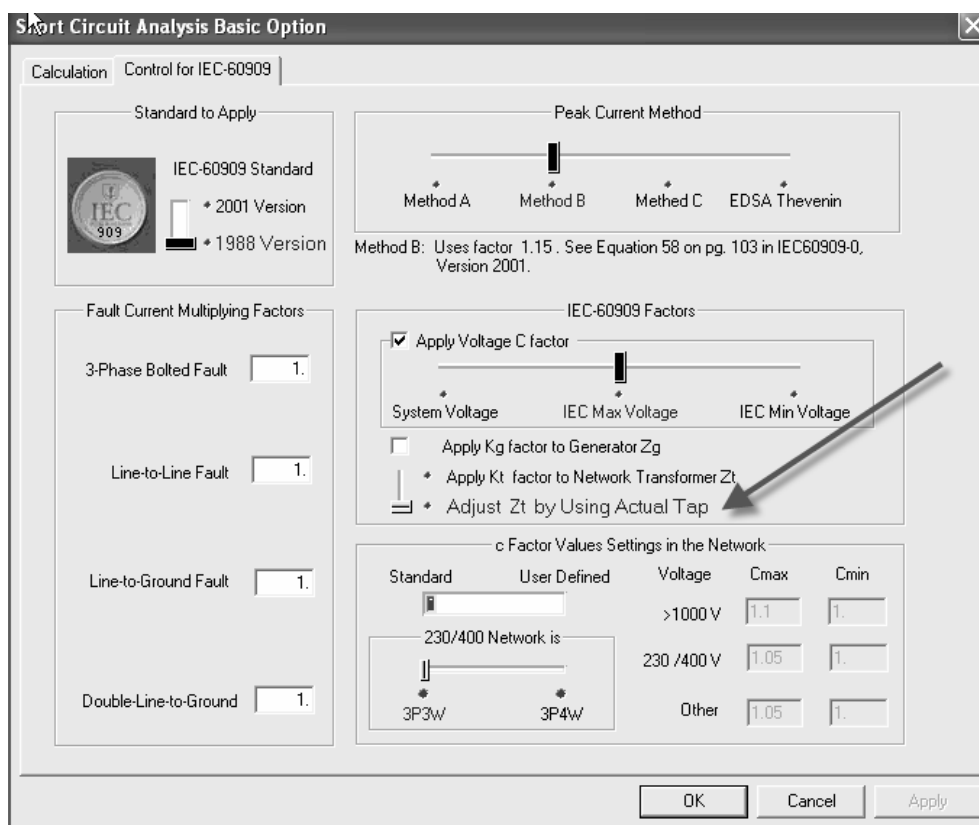


Fig.V.20 Comanda ajustării impedanței transformatorului în funcție de poziția comutatorului de ploturi

Tabelul V.6 Valorile factorului "c" atribuite de program conform standardului IEC 60909

Tensiunea	c_{max}	c_{min}
>1000 V	1.1	1
Alte valori	1.05	0.95

V.8.5 Metoda AC IEC 61363 de calcul a curenților de scurtcircuit

Prin selectarea standardului IEC 61363, modulul specializat al programului EDSA permite calculul curentului de scurtcircuit instantaneu, în funcție de timp afișând această caracteristică. Metoda este precisă permițând și alegerea protecțiilor și coordonarea lor în cazul sistemelor izolate (platforme maritime, nave maritime, parcuri eoliene). Reactanța subtranzitorie a generatoarelor și constantele de timp sunt mărimi luate în considerare în cadrul acestei metode. Fereastra de calcul,

figura V.21, este similară cu cea folosită în urma selectării metodei bazate pe standardul ANSI/IEEE.

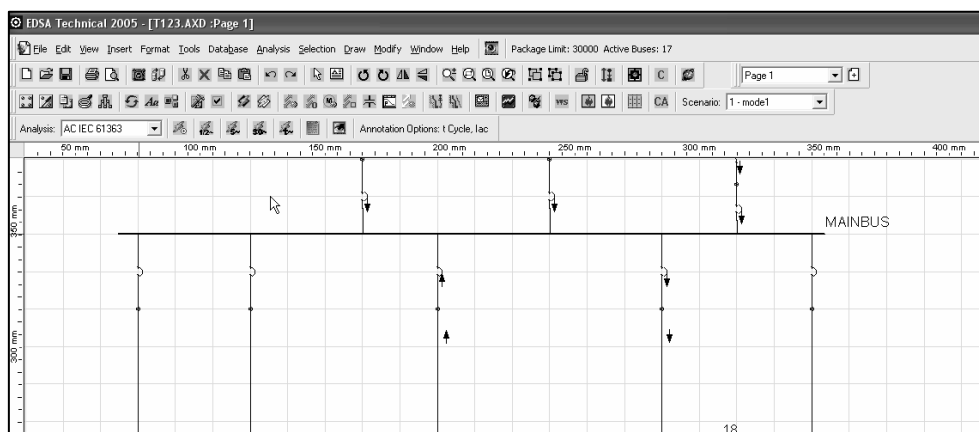


Fig.V.21 Opțiunea de calcul și de afișare în standardul IEC 61363

Butoanele corespunzătoare au următoarele semnificații:

-  scurtcircuit de tip 3P, jumătate de perioadă;
-  scurtcircuit de tip 3P, 5 perioade;
-  scurtcircuit de tip 3P, 30 perioade;
-  evoluția în timp a curentului de scurtcircuit și a componentelor sale;
-  raportul final cu rezultatele calculelor;
-  selectare opțiuni de afișare.

Fereastra cu opțiuni a programului de calcul, fig. V.22, este similară cu cea corespunzătoare selectării metodei de calcul bazată pe standardul ANSI/IEEE.

Opțiunile relativ la raportul final sunt incluse în fereastra prezentată în figura V.23. Rezultatele pot fi prezentate sub formă grafică sau text.

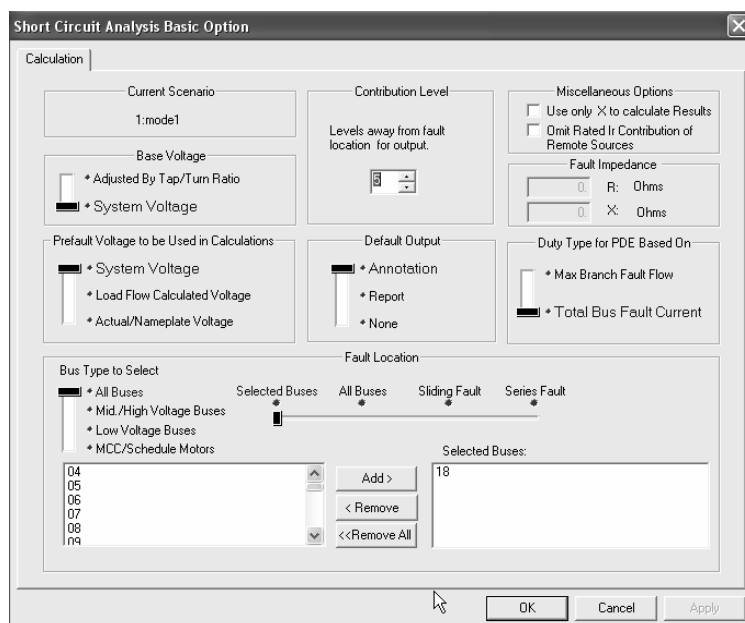


Fig.V.22 Opțiuni de bază în cadrul metodei bazată pe standardul IEC 61363

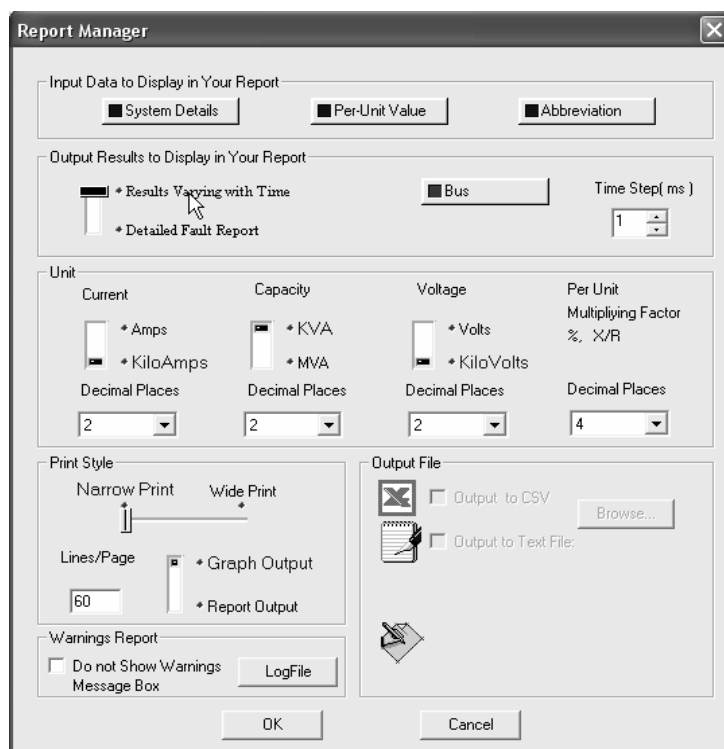


Fig.V.23 Opțiuni relativ la raportul de prezentare a rezultatelor

În cazul în care se optează pentru un raport detaliat, se lansează fereastra din figura V.24.

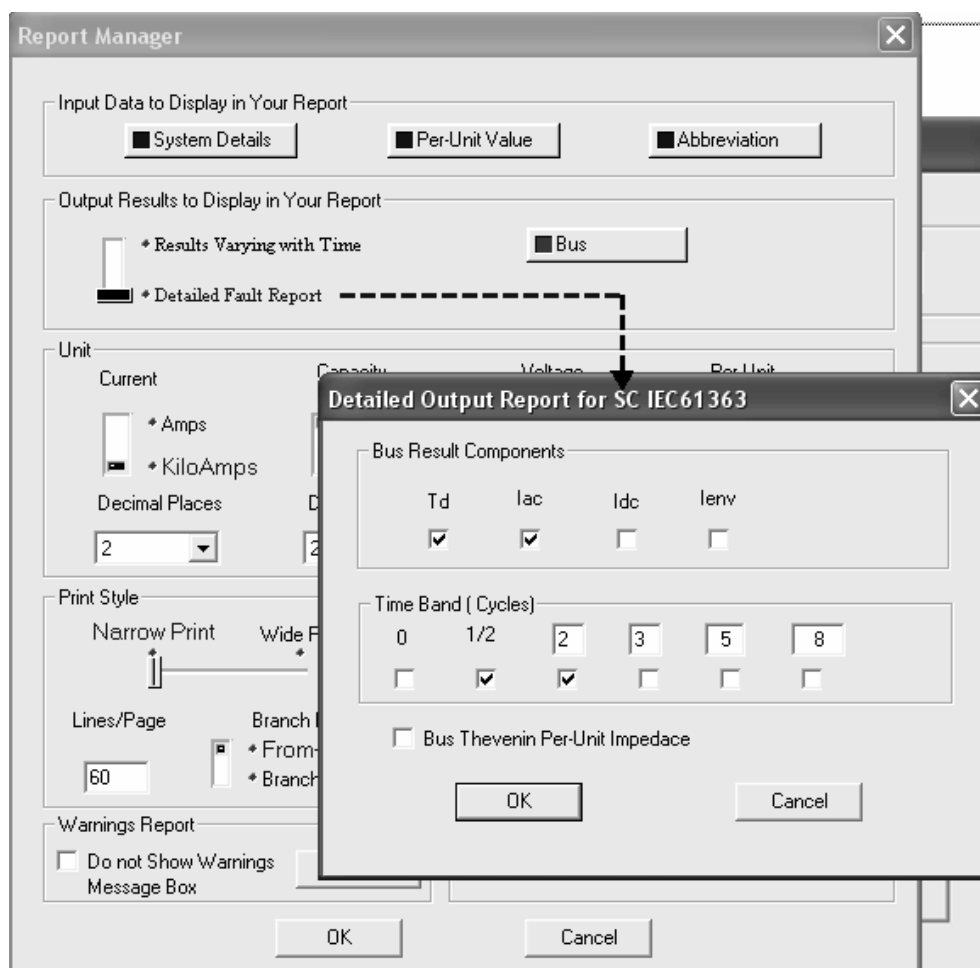


Fig.V.24 Opțiuni pentru raportul detaliat cu rezultatele calculelor de scurtcircuit

Se selectează conținutul raportului ce poate include:

- T_d constanta de amortizare a componentei aperiodice (de c.c.), în secunde;
- I_{ac} , componenta simetrică (periodică, de c.a.) a curentului de scurtcircuit, în valori efective;
- I_{dc} , componenta de c.c. a curentului de scurtcircuit;
- I_{env} , înfășurătoarea curentului total de scurtcircuit.

Notațiile folosite în programul de calcul a curenților de scurtcircuit conform standardului IEC 61363 sunt următoarele:

- #C = "cables per phase" = numărul de conductoare pe fază;
- Cd = "device code" = cod componentă;
- Ck = "circuit number" = numărul circuitului;
- i = "instantaneous total current" = curentul total instantaneu;
- Dem. Fac. = "demand factor" = factorul de cerere (încărcarea, în procente);
- Iac = "a.c. component of s.c. current (r.m.s.)" = componenta de c.a. a curentului de scurtcircuit (valori efective);
- iac = "instantaneous a.c. component" = valoarea instantanee a componentei periodice a curentului de scurtcircuit;
- Idc = "d.c. component of s.c. current" = componenta de c.c. a curentului de scurtcircuit;
- Ienv = "upper envelop of s.c. current" = anvelopa (înfășurătoarea) superioară a curentului de scurtcircuit;
- ip = "peak value of s.c. current" = valoarea de vârf a curentului de scurtcircuit;
- Im = "magnitude of a.c. component" = amplitudinea componentei de c.a.;
- Tdc = "d.c. time constant" = constanta de amortizare a componentei aperiodice;
- T'' = "subtransient time constant" = constanta de timp subtranzitorie;
- T' = "transient time constant" = constanta de timp tranzitorie.

Modul de lucru este identic cu cel folosit în cazul calculelor bazate pe standardele ANSI/IEEE.

În scopul afișării rezultatelor în funcție de timp, se parcurg următorii pași:

Pasul 1: selectarea nodului: de exemplu, BUS 18

Pasul 2: lansarea programului de scurtcircuit apăsând unul din butoanele  sau  sau

Pasul 3: se selectează butonul  = "Raport Manager", apoi se alege "Graph Output" = afișare grafic și apoi "OK". Programul afișează fereastra din figura V.25

Report Manager [X]

Input Data to Display in Your Report

☒ System Details ☒ Per-Unit Value ☐ Abbreviation

Output Results to Display in Your Report

☒ * Results Varying with Time ☐ Bus Time Step(ms) 1

☐ * Detailed Fault Report

Unit

Current	Capacity	Voltage	Per Unit
☐ * Amps	☐ * KVA	☐ * Volts	Multiplied Factor
☒ * KiloAmps	☐ * MVA	☐ * KiloVolts	%, X/R
Decimal Places	Decimal Places	Decimal Places	Decimal Places
2	2	2	4

Print Style

Narrow Print Wide Print

Lines/Page 60

☐ * Graph Output

☐ * Report Output

Output File

☒ ☐ Output to CSV Browse...

☐ Output to Text File:

Warnings Report

☐ Do not Show Warnings Message Box LogFile

OK Cancel

Step3:
Select "Graph Output":

Fig.V.25 Comanda de afişare grafică a rezultatelor calculelor curenţilor de scurtcircuit

Pasul 4: Se apasă butonul  "Report of Short Circuit Results Varying with Time" – afişare curent de scurtcircuit în funcţie de timp. Este afişat graficul din figura V.26.

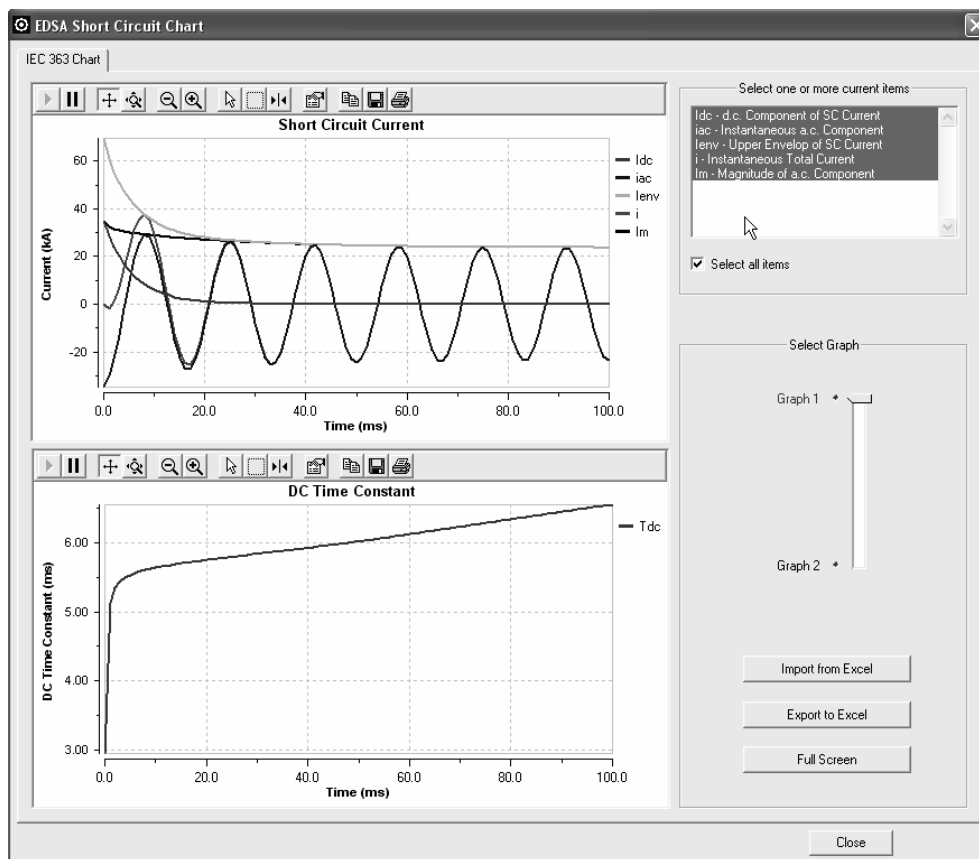


Fig.V.26 Variația în timp a curentului de scurtcircuit și a componentelor sale

Componentele care se afișează sunt selectate de utilizator și au semnificația:

- I_{dc} = "dc component of sc current" = componenta de c.c. a curentului de scurtcircuit;
- i_{ac} = "instantaneous ac component" = valoarea instantanee a componentei periodice;
- i = "instantaneous total short circuit current" = curentul de scurtcircuit total instantaneu
- I_m = "magnitude of ac component" = amplitudinea componentei alternative (periodice) a curentului de scurtcircuit.

Componentele curentului de scurtcircuit pot fi afișate separat, așa cum rezultă din figurile următoare.

În figura V.27 este reprezentat modul în care se poate selecta, pentru a fi afișată, componenta continuă a curentului de scurtcircuit.

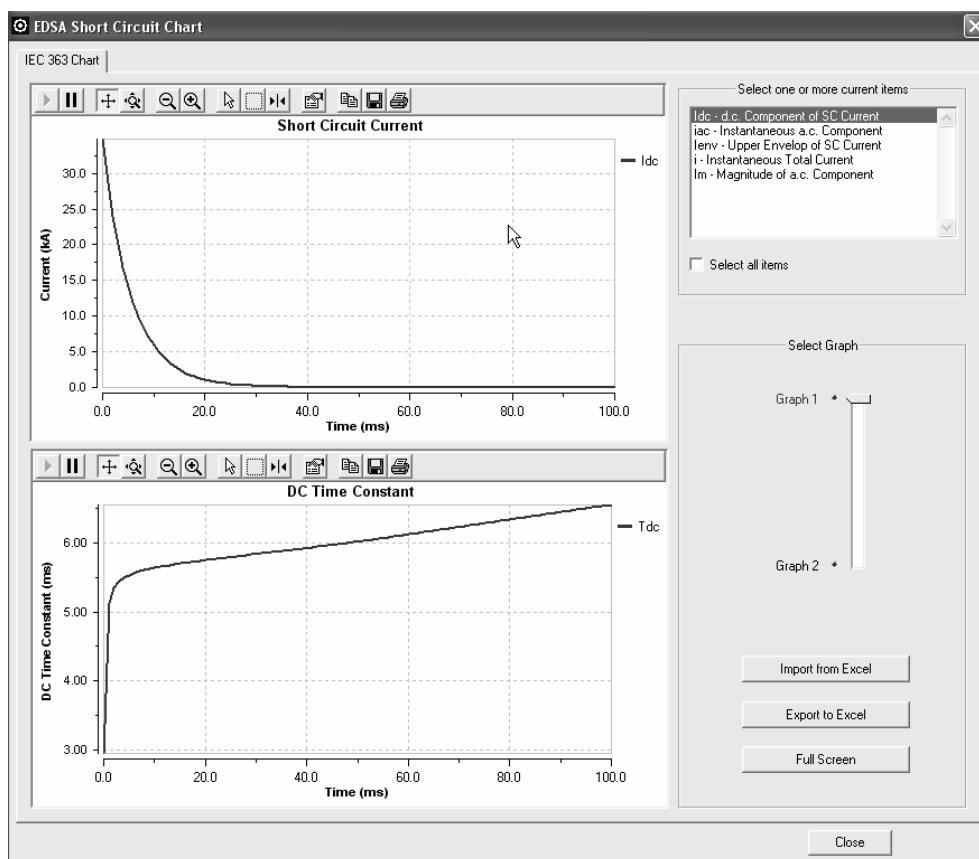


Fig. V.27 Selectarea I_{dc} – componenta continuă a curentului de scurtcircuit

În figura V.28 este ilustrat modul în care poate fi selectată componenta periodică sinusoidală (simetrică) a curentului de scurtcircuit și evoluția acesteia în timp.

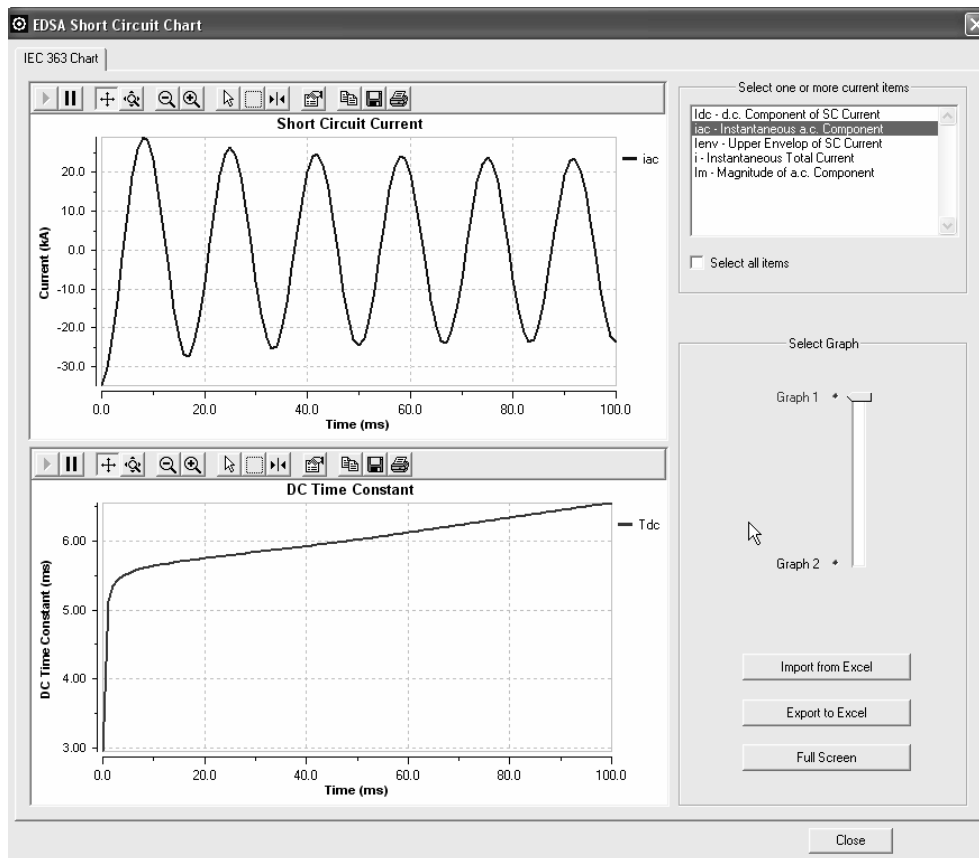


Fig. V.28 Selectarea iac – componenta periodică sinusoidală a curentului de scurtcircuit

Înfășurătoarea (anvelopa) superioară a curentului de scurtcircuit este reprezentată în figura V.29 din care rezultă și modul în care aceasta poate fi selectată pentru afișare, în urma calculelor de scurtcircuit.

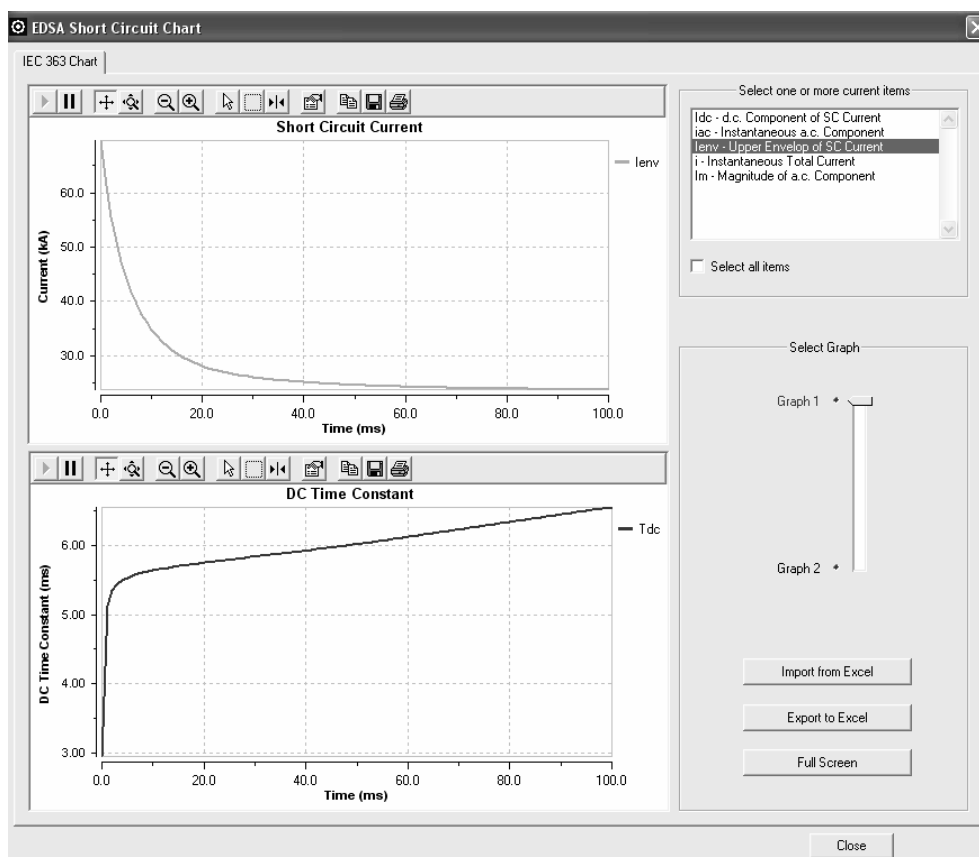


Fig. V.29 Selectarea Ienv – anvelopa superioară a curentului de scurtcircuit

Evoluția în timp a curentului total de scurtcircuit i , rezultat prin sumarea celor două componente, i_{dc} și i_{ac} , este prezentată în figura V.30.

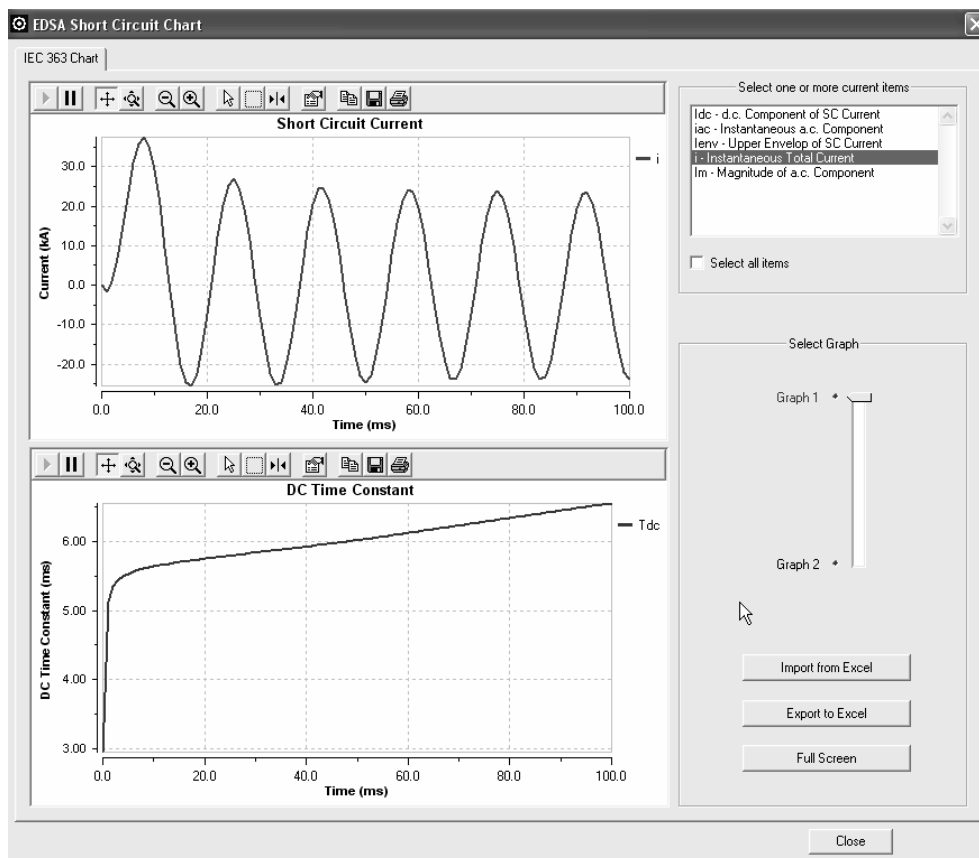


Fig. V.30 Selectarea, pentru afișare, a componentei i – curentul total de scurtcircuit

În figura V.31 este reprezentată variația în timp a amplitudinii (magnitudinii) componentei periodice sinusoidale a curentului total de scurtcircuit.

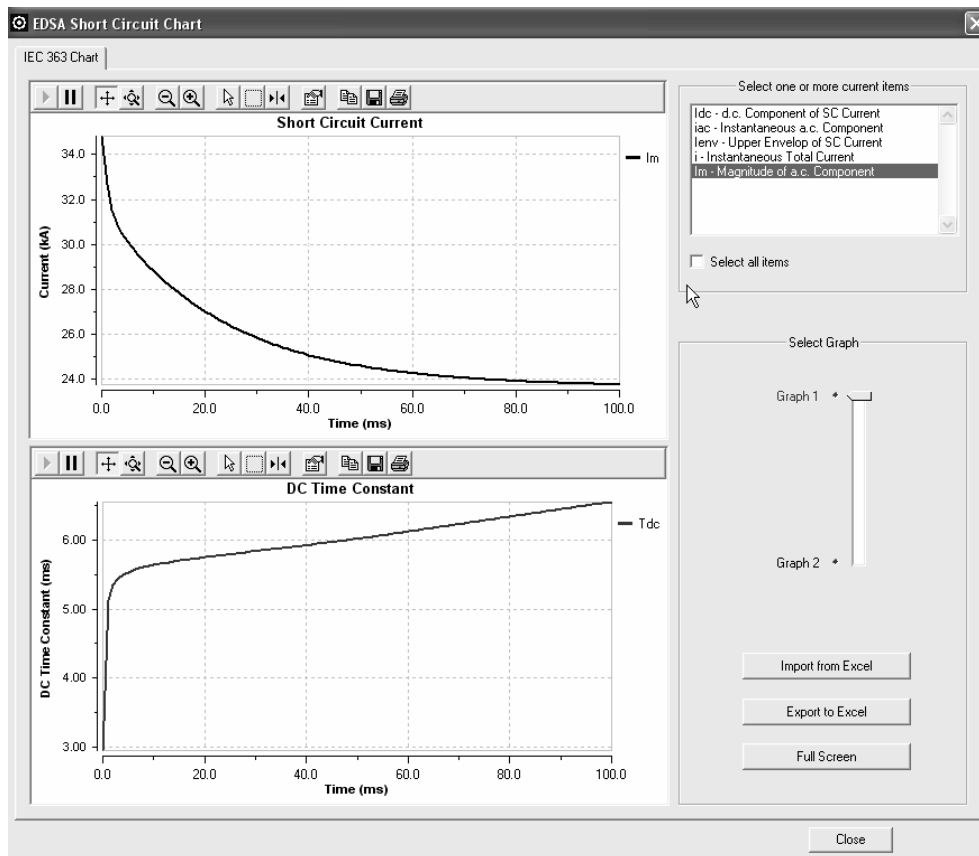


Fig. V.31 Selectarea, pentru afișare, a mărimii I_m – amplitudinea componentei periodice sinusoidale a curentului scurtcircuit

V.8.5 Metoda "AC 1 Phase" de calcul a curenților de scurtcircuit

Metoda se bazează pe calculul complex al raportului E/Z și pe extragerea valorii X/R din matricea corespunzătoare a impedanței. Opțiunile de calcul sunt aceleași ca în cazul metodei bazată pe standardele ANSI/IEEE, prezentată în paragraful V.8.2.

V.9 Utilizarea modului de calcul a curenților de scurtcircuit din programul EDSA

V.9.1 Analiza defectelor de tipul 3P, LL, LG, LLG la 1/2 perioade



Se apasă butonul pentru efectuarea analizelor în cazul scurtcircuitelor de tip trifazat (3P), bifazat fără punere la pământ (LL), monofazat (LG) și bifazat cu punere la pământ (LLG) conform standardelor ANSI/IEEE sau IEC 60909.

Valorile efective la jumătate de perioadă sunt calculate pentru nodul/nodurile selectate sau pentru toate nodurile. Selectarea nodurilor se poate face direct în schema monofilară afișată sau din listele cu noduri și laturi.

Motoarele și generatoarele sunt modelate prin reactanțele de secvență pozitivă, negativă și zero ca ale reactanței subtranzitorii X'' . Motoarele sunt, în general, nelegate la pământ.

Observații:

- În toate cazurile de defecte nesimetrice, pentru mașinile electrice, impedanțele de secvență pozitive sunt egale cu cele de secvență negative.
- Construcția rețelelor de secvență pozitivă, negativă și zero se face considerând și modul de legare la pământ al generatoarelor, motoarelor și transformatoarelor ca și conexiunea înfășurărilor transformatoarelor de putere.

Rezultatele sunt listate în fișierul conținând raportul parțial:

EDSA								
3-Phase Short Circuit v6.00.00								
Project No. :						Page : 2		
Project Name:						Date : 11/11/2009		
Scenario : 1: mode1						Date :		

Electrical One-Line 3-Phase Network for ANSI PDE								

Bus Results: 0.5 Cycle-Symmetrical- 3P/LL/LG/LLG Faults								

						Thevenin Imped. ANSI		
	Pre-Flt	3P Flt.	LL Flt.	LG Flt.	LLG Flt	-----		
Bus Name	kV	KA	KA	KA	KA	Z+(pu)	Zo(pu)	3P X/R

MAINBUS	0.48	31.82	27.55	34.47	33.53	3.7805	2.9070	5.6944

V.9.2 Analiza defectelor de tipul 3P, LL, LG, LLG la 5 perioade

Se apasă butonul  pentru efectuarea analizelor în cazul scurtcircuitelor de tip trifazat (3P), bifazat fără punere la pământ (LL), monofazat (LG) și bifazat cu punere la pământ (LLG) conform standardelor ANSI/IEEE sau IEC 60909.

Valorile efective la 5 perioade sunt calculate pentru nodul/nodurile selectate sau pentru toate nodurile. Selectarea nodurilor se poate face direct în schema monofilară afișată sau din listele cu noduri și laturi.

Sunt valabile observațiile de la paragraful V.9.1 iar raportul parțial este următorul:

EDSA									
3-Phase Short Circuit v6.00.00									
Project No. :					Page : 2				
Project Name:					Date : 11/11/2009				
Title :					Time : 03:22:21 pm				
Drawing No. :					Company :				
Revision No.:					Engineer:				
Jobfile Name: T123PDE					Check by:				
Scenario : 1 : mode1					Date :				

Electrical One-Line 3-Phase Network for ANSI PDE									

Bus Results: 5 Cycle--Symmetrical--3P/LL/LG/LLG Faults									

						Thevenin Imped. ANSI			
Pre-Flt		3P Flt.	LL Flt.	LG Flt.	LLG Flt	-----			
Bus Name	kV	KA	KA	KA	KA	Z+(pu)	Zo(pu)	3P	X/R

MAINBUS	0.48	30.03	26.01	33.05	31.99	4.0055	2.9070	5.6944	

V.9.3 Analiza defectelor de tipul 3P, LL, LG, LLG la 30 perioade

Se apasă butonul  pentru efectuarea analizelor în cazul scurtcircuitelor de tip trifazat (3P), bifazat fără punere la pământ (LL), monofazat (LG) și bifazat cu punere la pământ (LLG) conform standardelor ANSI/IEEE sau IEC 60909.

Valorile efective la 30 perioade sunt calculate pentru nodul/nodurile selectate sau pentru toate nodurile. Selectarea nodurilor se poate face direct în schema monofilară afișată sau din listele cu noduri și laturi.

Observații:

- Indiferent de tipul scurtcircuitului nesimetric, impedanța de secvență pozitivă a generatorului este egală cu cea de secvență negativă.

- b) Generatoarele sunt modelate prin impedanțele lor de secvență pozitivă, negativă și zero.
- c) Contribuția motoarelor la curentul de scurtcircuit este neglijată.
- d) Generatoarele, motoarele și transformatoarele sunt considerate inclusiv cu modul lor de legare la pământ și tipul conexiunilor în scopul construirii întregii rețele de secvență pozitivă, negativă și zero.

Raportul parțial este următorul:

EDSA									
3-Phase Short Circuit v6.00.00									
Project No. :					Page : 2				
Project Name:					Date : 11/11/2009				
Title : Time:					03:50:48 pm				
Drawing No. :					Company :				
Revision No.:					Engineer:				
Jobfile Name: T123PDE					Check by:				
Scenario : 1 : mode1					Date :				

Electrical One-Line 3-Phase Network for ANSI PDE									

Bus Results: 30 Cycle--Symmetrical--3P/LL/LG/LLG Faults									

						Thevenin Imped. ANSI			
Pre-Flt		3P Flt.	LL Flt.	LG Flt.	LLG Flt	-----			
Bus Name	kV	KA	KA	KA	KA	Z+(pu)	Zo(pu)	3P X/R	--

MAINBUS	0.48	28.78	24.93	32.03	30.93	4.1790	2.9070	5.6944	

V.9.4 Analiza scurtcircuitelor trifazate la 30 perioade

Se apasă butonul  pentru a se studia defectul trifazat conform standardelor ANSI/IEEE sau IEC 60909, în funcție de opțiunea utilizatorului. Valoarea efectivă a curenților după 30 de perioade de la producerea scurtcircuitului sunt calculați pentru nodul sau nodurile selectate sau pentru toate nodurile. Contribuția motoarelor este neglijată iar generatoarele sunt modelate prin reactanța lor tranzitorie de secvență pozitivă, X'.

Rezultatele sunt prezentate astfel ca în tabelul de mai jos:

EDSA				
3-Phase Short Circuit v6.00.00				
Project No. :	Page : 2			
Project Name:	Date : 11/12/2009			
Title : Time:	04:23:01 pm			
Drawing No. :	Company :			
Revision No.:	Engineer:			
Jobfile Name: T123PDE	Check by:			
Scenario : 1 : mode1	Date :			

Electrical One-Line 3-Phase Network for ANSI PDE				

Bus Results: 30 Cycle -- 3 Phase Faults				

Bus Name	Pre-Flt kV	Isym KA	X/R Ratio	Thevenin Z+(pu)

MAINBUS	0.48	28.78	5.6944	4.1790

V.9.5 Alegerea și reglarea dispozitivelor de protecție

Modulul EDSA PDE – Protective Device Evaluation reprezintă un instrument precis pentru alegerea corectă a aparatelor de comutare și protecție: întrerupătoare de JT, MT și ÎT, siguranțelor și comutatoarelor.

Caracteristicile specifice ale versiunii 6.00.00 sunt:

- Tensiunea poate fi cea nominală a aparatului, a sistemului sau cea rezultată din calculul de regim permanent așa cum rezultă din figura V.32.
- Utilizatorul poate introduce, de la tastatură, factorii de multiplicare pentru calculul valorii de vârf și a curentului de scurtcircuit asimetric în acord cu standardul folosit, conform figurii V.33.
- Denumirea de "factori de multiplicare" din fereastra Short Circuit Analysis Basic Option/ Control for ANSI/IEEE a fost înlocuită cu "Driving Voltage" așa cum se arată în figura V.34.
- Modulul PDE ia în considerare impedanța aparatelor de comutare și raportul X/R corespunzător.
- Raportul final a fost reorganizat și cuprinde; datele de intrare nominale ale echipamentului, rezultatele calculelor și solicitările echipamentului ca urmare a calculelor.

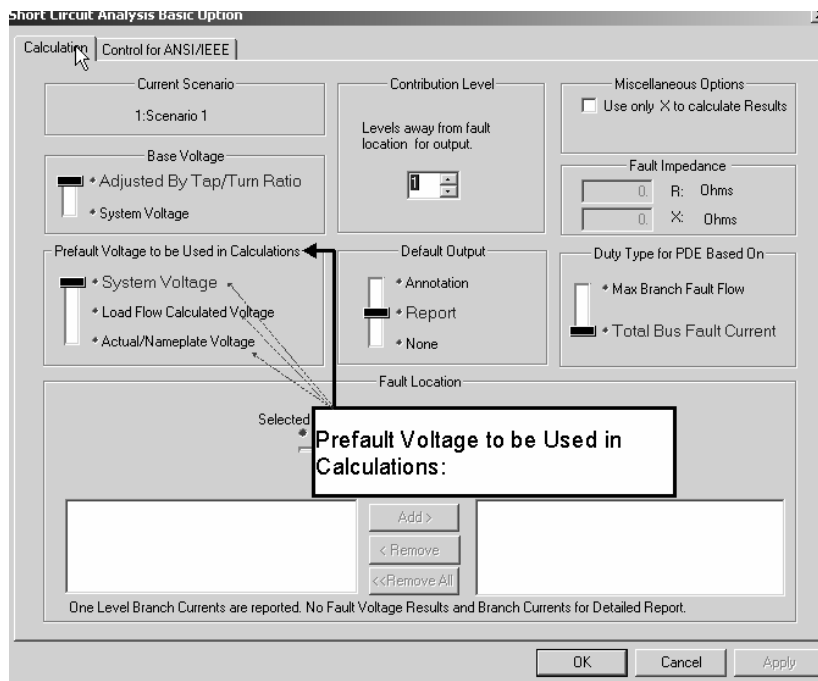


Fig. V.32 Opțiuni pentru selectarea tensiunii

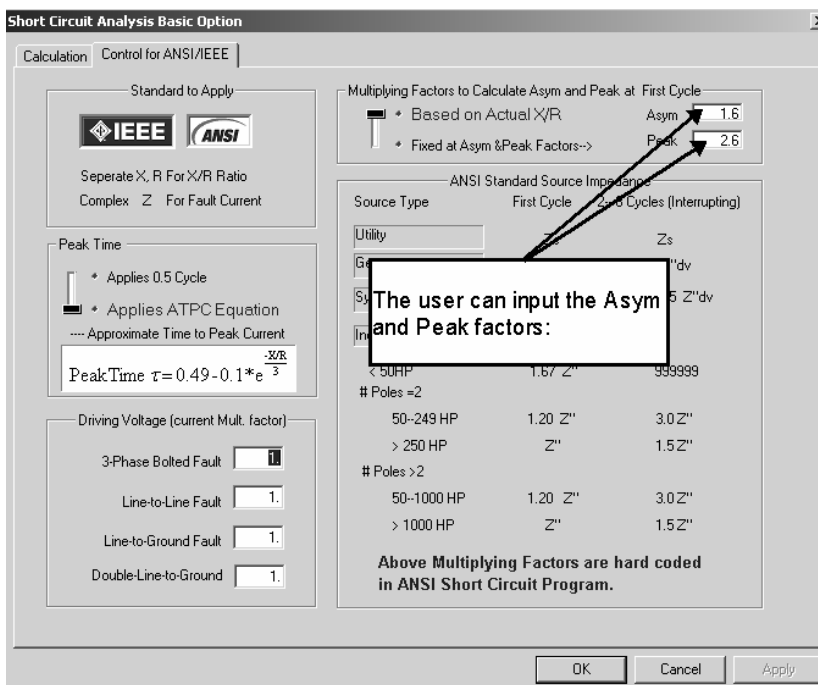


Fig. V.33 Alegerea factorilor de multiplicare

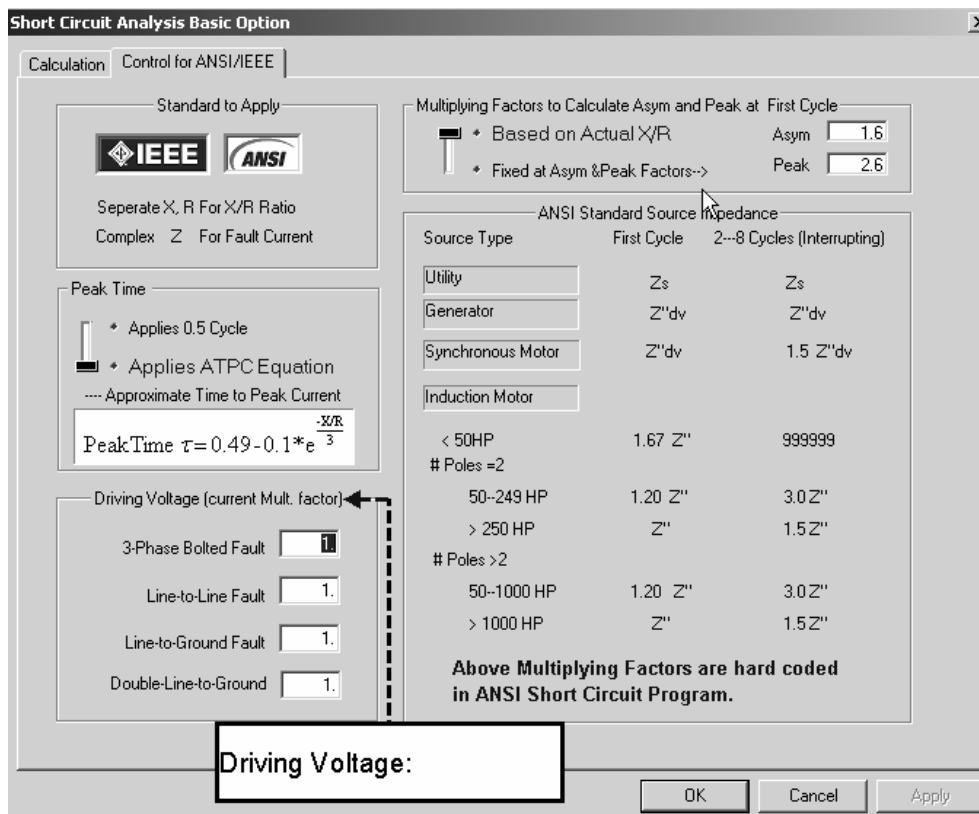


Fig.V.34 Noua opțiune de calcul "Driving Voltage"

Rezultatele modului PDE sunt fie grafice, în schema monofilară apărând culoarea verde dacă echipamentul ales corespunde sau culoarea roșie dacă acesta este subdimensionat, fie sub formă de raport text, în funcție de opțiunea utilizatorului.

Studiul scurtcircuitului se face în conformitate cu standardul ales ANSI/IEEE C37. Programul calculează curenții de scurtcircuit în nodurile defecte: valori efective momentane simetrice și nesimetrice, valoarea de vîrf momentană asimetrică, valoarea de rupere eficace simetrică, valoarea simetrică efectivă ajustată.

Solicitățile care apar în circuitele defecte se compară cu parametrii aparatelor implicate evaluându-se inegalitatea:

$$I_{circuit\ duty} \leq I_{equip\ intr}$$

Dacă relația este adevărată aparatul este corect ales iar dacă nu, se alege unul cu caracteristici superioare.

Lista cu toate rezultatele privind compararea solicitării reale cu valorile limită suportate de aparatele de comutație este de tipul celei prezentate în figura V.35.

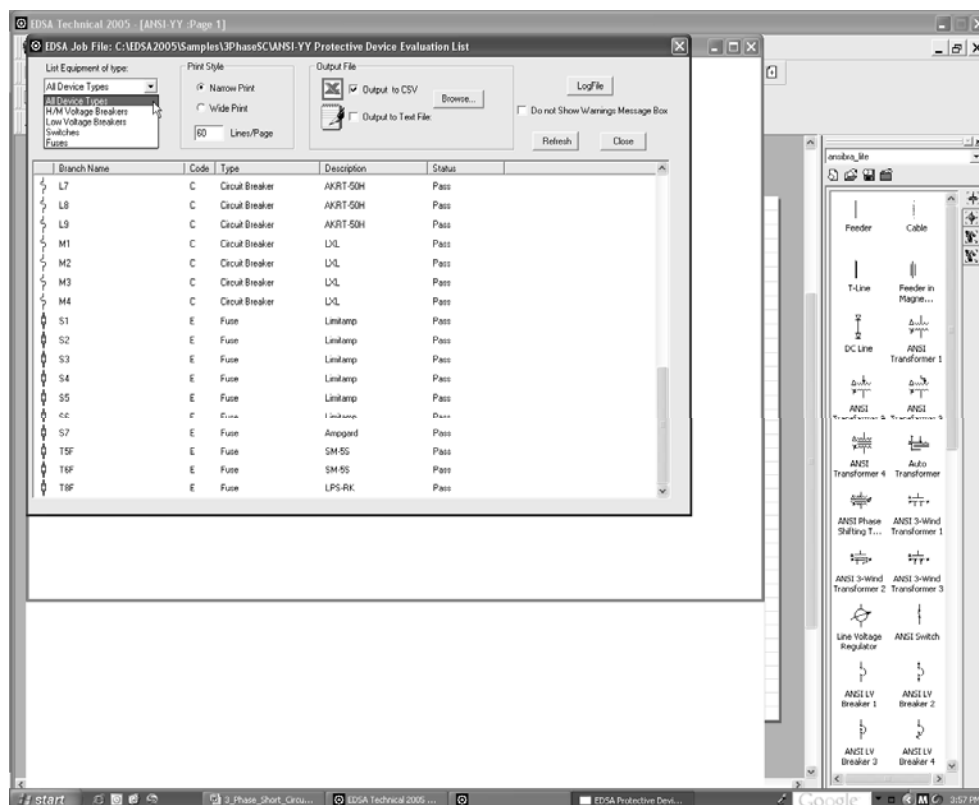


Fig. V.35 Rezultatele evaluării privind alegerea corectă a aparatelor de comutație și a dispozitivelor de protecție

Raportul include toate echipamentele conectate la nodul selectat de utilizator cu informații detaliate privind codul, tipul, localizarea în rețea a acestora și concluzia privind alegerea corectă: "fail" – aparatul nu este corect ales sau "pass" – aparatul este corect ales.

Exemple cu rezultatele obținute în urma folosirii modulului PDE din pachetul de programe EDSA sunt prezentate în continuare.

EDSA												
Protective Device Evaluation v6.00.00												
Project No.:							Page : 1					
Project Name:							Date : 12/11/2009					
Title : Time :							05:30:53 pm					
Drawing No.:							Company :					
Revision No.:							Engineer :					
JobFile Name: ANSI-YY							Check by :					
Scenario : 1:							CheckDate:					
Base MVA : 10.00							Cyc/Sec : 50					

ANSI - Summary PDE Report												
Based On Bus Duty (* Used by Program)												

Device Rating -----Short Circuit Duty												
Branch ---Location--- Std ----0.5Cy(KA)-----Int ----0.5Cy(KA)- Int												
Name	Bus	kV	Categ.	Sym	Asym	Peak	KA	Sym	Asym	Peak	KA	Status

A1	BUS 1	13.80	8 Tot.		40.00		20.92	31.91	21.05*	Int	Fail	
	T1P							31.91	21.05			
A10	Bus 2	13.80	3 Sym.		40.00		20.98	31.04	20.47*			
	A10P							31.03	20.47			
A10F	A10P	13.80	Fuse	25.00				20.39		*		
	T7_PRI							20.39				
A2	BUS 1	13.80	8 Tot.		40.00		20.92	31.91	21.05*	Int	Fail	
	G1							31.91	21.05			
A3	BUS 1	13.80	8 Tot.		40.00		20.92	31.91	21.05*	Int	Fail	
	A3P							31.91	21.05			
A4	BUS 1	13.80	8 Tot.		40.00		20.92	31.91	21.05*	Int	Fail	
	A4P							31.91	21.05			
A4F	A4P	13.80	Fuse	25.00				20.97		*		
	T3_PRI							20.97				
A5	BUS 1	13.80	8 Tot.		40.00		20.92	31.91	21.05*	Int	Fail	
	A5P							31.91	21.05			
A6	Bus 2	13.80	3 Sym.		40.00		20.98	31.04	20.47*			
	T2P							31.03	20.48			
A7	Bus 2	13.80	3 Sym.		40.00		20.98	31.04	20.47*			

Raportul conține și informații detaliate privind aparatele alese, caracteristicile lor și concluzia privind corecta sau incorecta lor alegere în raport cu solicitările din rețeaua analizată.

Detaliile sunt prezentate mai jos.

Protective Device Evaluation v6.00.00				
Project No.: Page : 1				
Project Name:		Date : 12/11/2009		
Title :		Time : 04:37:53 pm		
Drawing No.:		Company :		
Revision No.:		Engineer :		
JobFile Name: ANSI-YY		Check by :		
Scenario : 1:		CheckDate:		
Base MVA : 10.00		Cyc/Sec : 50		

Medium/High Voltage Circuit Breakers				
ANSI - Protective Device Evaluation Report				
Based On Bus Duty				

Branch Name	A1	A10	A2	A3

Manufacturer	GE	ABB	GE	GE
Device Type	AM-13.8-500	15-HKSA-500	AM-13.8-500	AM-13.8-500
Operating Voltage(kV)	13.80	13.80	13.80	13.80
Max. Voltage (kV)	15.00	15.00	15.00	15.00
Fused ?	N	N	N	N
Test Standard	Tot.	Sym.	Tot.	Tot.
Interrupt.Time(Cyc.)	8	3	8	8
Max. Rated Int (kA)	25.00	25.00	25.00	25.00
Rated Int@Max kV(kA)	19.25	19.30	19.25	19.25
Rated C&L Asym (kA)	40.00	40.00	40.00	40.00
Rated C&L Peak (kA)				
3P Int @ Oper kV(kA)	20.92	20.98	20.92	20.92
Test X/R	15.0000	15.0000	15.0000	15.0000
Calc. X/R	25.6112	26.7706	25.6112	25.6112
Calc. Sym (kA)	19.92	19.32	19.92	19.92
Calc. Int (kA)	19.49	18.85	19.49	19.49
Momentary Factor	1.6015	1.6067	1.6015	1.6015
Peak Factor				
Remote Factor	1.1318	1.1125	1.1318	1.1318
Local Factor	1.0142	1.0518	1.0142	1.0142
NACD Ratio	0.5600	0.5600	0.5600	0.5600
Adjusted Factor	1.0800	1.0858	1.0800	1.0800
Duty Asym (kA)	31.91	31.04	31.91	31.91
Duty Peak (kA)				
Duty Int (kA)	21.05	20.47	21.05	21.05
Duty /Rated Asym(%)	79.7750	77.5892	79.7750	79.7750
Duty /Rated Peak(%)				
Duty /3P Int (%)	100.6188	97.5758	100.6188	100.6188
Margin (%)	-0.6188	2.4242	-0.6188	-0.6188
Status ?	Int -Fail	Pass	Int -Fail	Int -Fail

După apăsarea pe butonul "Close" – închidere raport cu rezultate text, pe ecran reapare schema monofilară a rețelei analizate în care echipamentele corect alese sunt colorate în verde iar cele subdimensionate, în raport cu solicitările, apar colorate în roșu.

V.9.6 "Report Manager" – raportul cu prezentarea rezultatelor

Butonul  lansează raportul pentru prezentarea rezultatelor sub forma text. Fereastra care se deschide permite selectarea;

- rezultatelor corespunzătoare nodului și tipului de scurtcircuit ales anterior pe schema monofilară;
- rezultatelor detaliate, așa cum se prezintă în figura V.36.

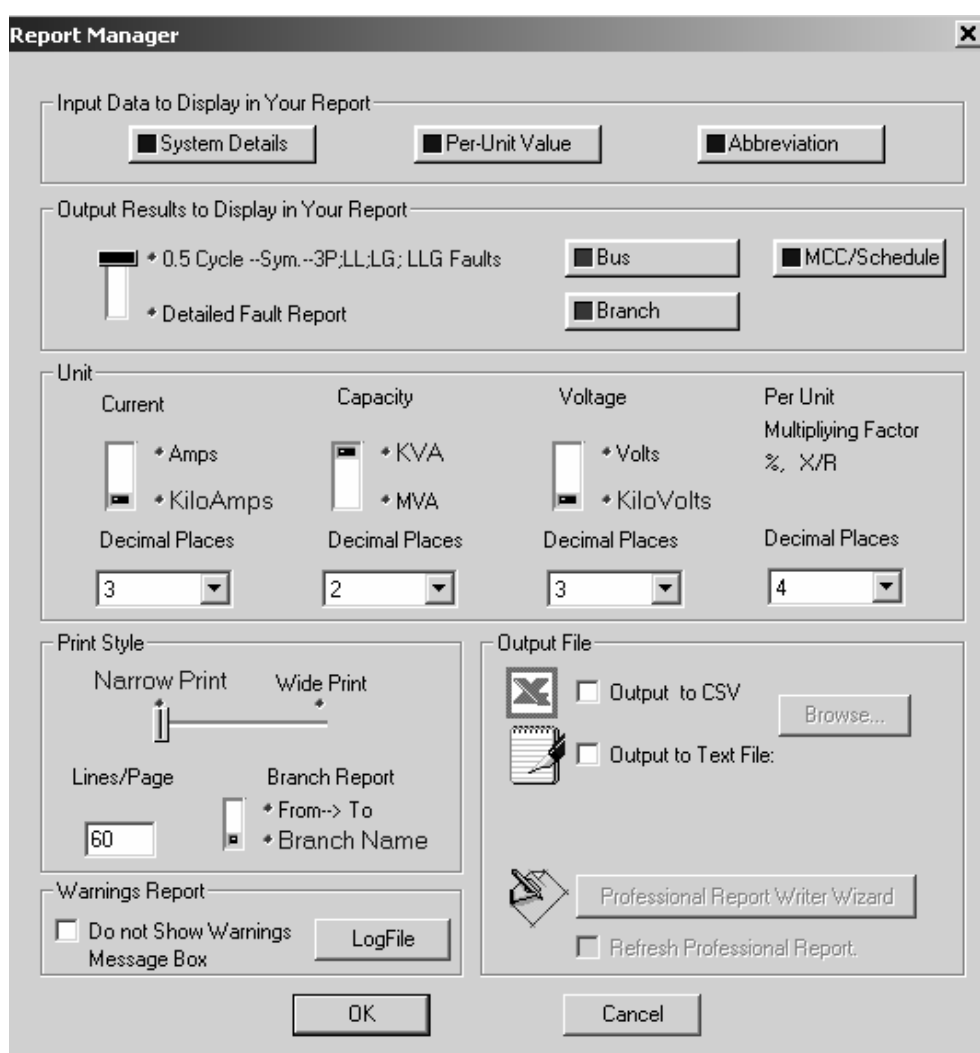


Fig.V.36 Opțiuni pentru datele ce vor fi incluse în raportul detaliat cu rezultate privind analiza scurtcircuitului

Raportul poate include următoarele tipuri de date:

a) *Datele de intrare inițiale:*

- relativ la sistemul analizat;
- valori în unități relative;
- prescurtări folosite.

b) *Fișierul cu rezultate:*

- de tip CSV (Comma Separated Value file format);
- de tip text.

c) *Mărimi:*

- curenți;
- capacități;
- tensiuni.

d) *Precizia (numărul de zecimale) pentru:*

- curenți;
- capacități;
- tensiuni;
- factori de multiplicare în u.r. X/R în %.

e) *Rezultate pentru:*

- noduri;
- laturi.

f) *Detalii privind:*

- tipul defectului și durata: 0.5 perioade, 3P, LL, LG, LLG sau
- rezultate detaliate

În cazul selectării raportului detaliat în scopul editării și afișării raportului text se procedează așa cum este indicat în figura V.37.

După cei doi pași apare fereastra "Report Manager" ca în figura V.38 urmată de pasul 3 "Select Detailed Fault Report" care lansează fereastra din figura V.39.

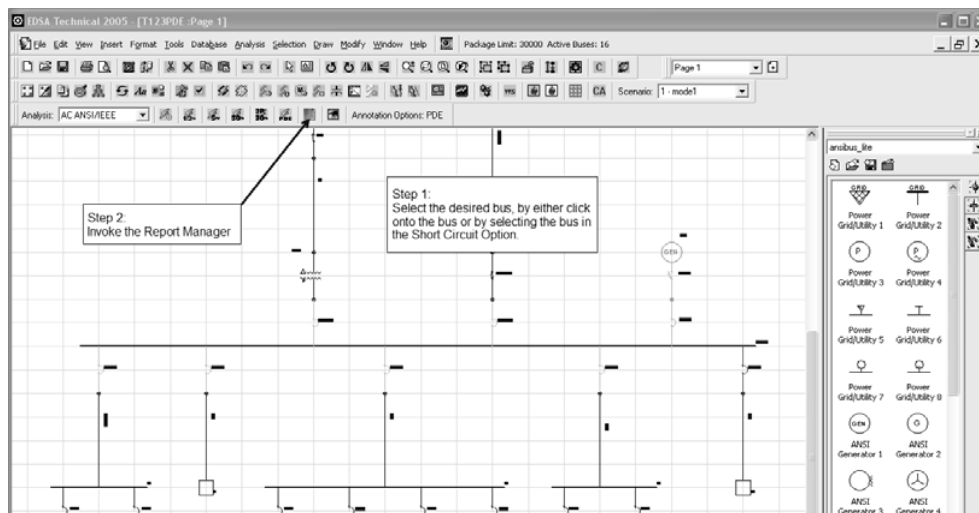


Fig.V.37 Selectarea raportului detaliat cu rezultatele analizei scurtcircuitului

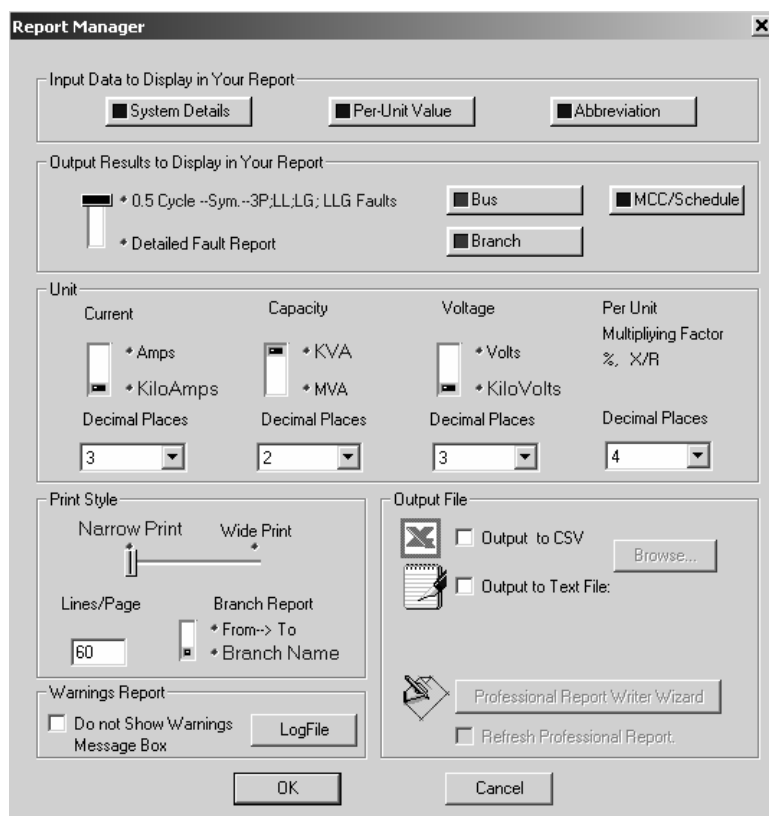


Fig.V.38 Selectarea opțiunilor în "Report Manager"

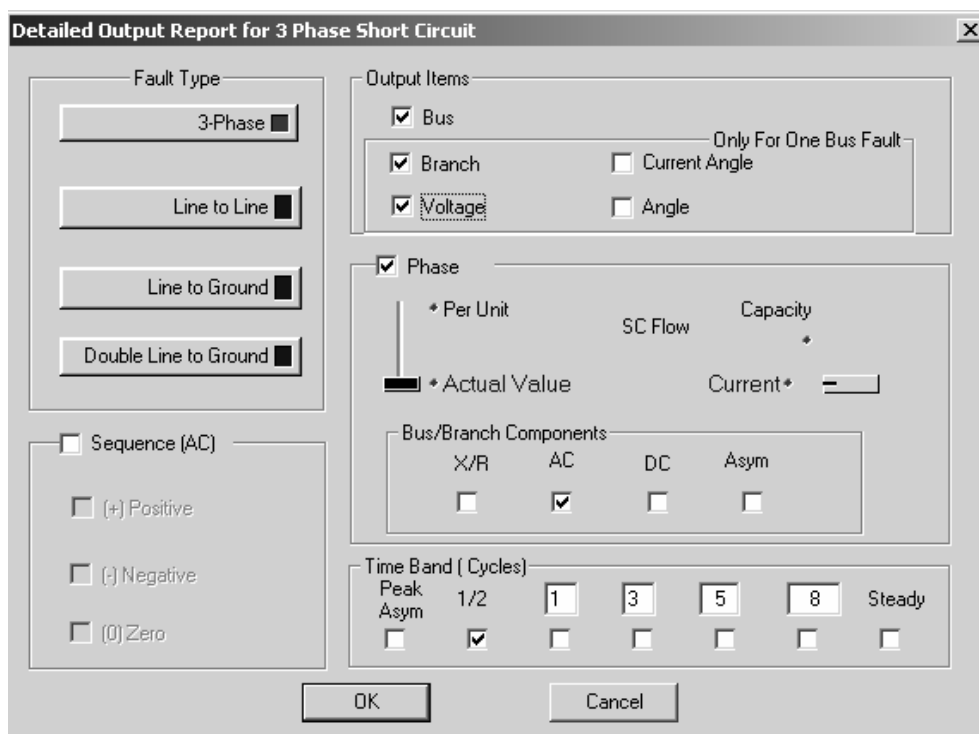


Fig.V.39 Selectarea opțiunilor pentru afișarea rezultatelor analizei de scurtcircuit

V.9.7 "Short Circuit Back Annotation" – opțiuni privind afișarea rezultatelor în urma calculului de scurtcircuit

Butonul  lansează fereastră cu opțiuni privind afișarea rezultatelor calculului de scurtcircuit, prezentate în figurile V.40 și V.41.

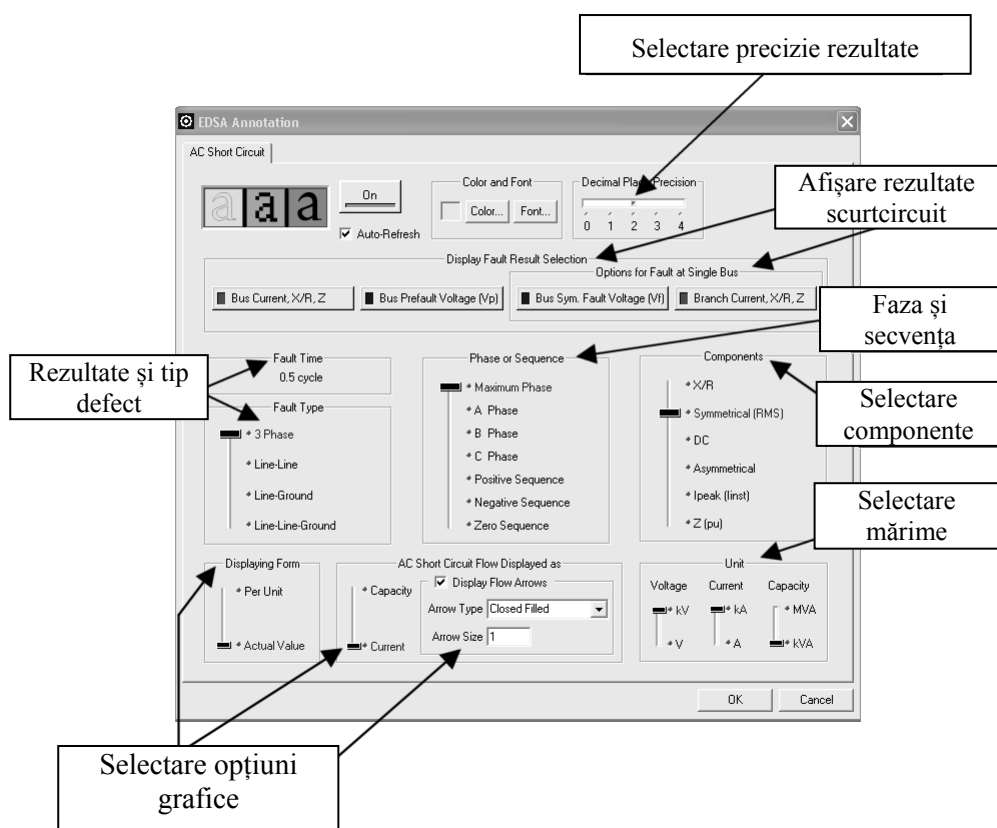


Fig.V.40 Opțiuni privind afișarea detaliată a rezultatelor

Se pot selecta "Fault Type" = tip defect, "Bus Current" – curentul din nod, "Bus Prefault Voltage" – tensiunea nodală înaintea defectului, "Bus Post Fault Voltage" – tensiunea nodală după defect, "Branch Current" – curentul în latură, "Phase or Sequence Components" – componentele pe fază sau de secvență, "Fault Components" – componentele curentului de scurtcircuit, "Units" – unități de măsurare, "Fault Current Flow Arrows" – modul de reprezentare a săgeților indicând sensul circulației de putere și/sau curent.

Notarea rezultatelor după calculele de scurtcircuit permite utilizatorului să includă datele alese în raportul final. Rezultatele pot fi incluse în schema monofilară sau în fișierul text cu rezultate.

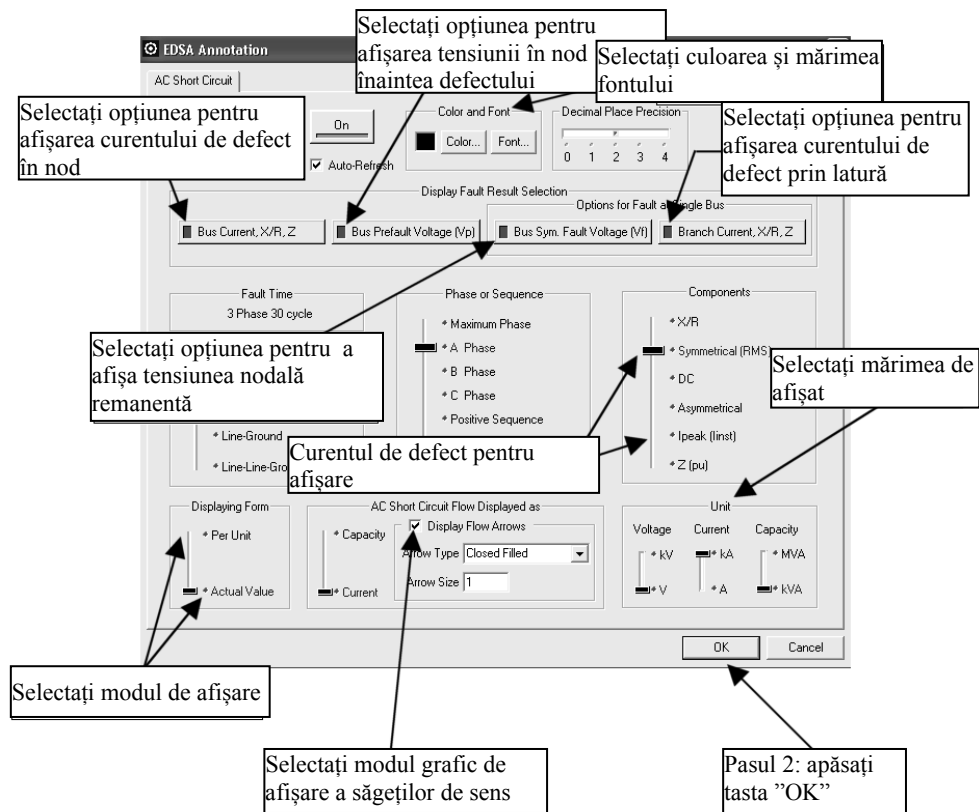


Fig.V.41 Opțiuni privind afișarea a rezultatelor

V.10 "Managing Schedule" – gruparea sarcinilor pentru calculele de scurtcircuit

"Schedule" – reprezintă o caracteristică ce permite programului EDSA combinarea mai multor motoare și sarcini statice sub același simbol. Acest lucru permite reducerea numărului de noduri al rețelei analizate și, totodată, reprezentarea și considerarea în calcule a tuturor nodurilor care interesează în calcule.

Utilizatorul poate avea în vedere următoarele (figura V.42):

- Modelarea individuală a fiecărui motor din schemă
- Motoarele identice sunt reprezentate împreună, în cadrul opțiunii "Schedule".

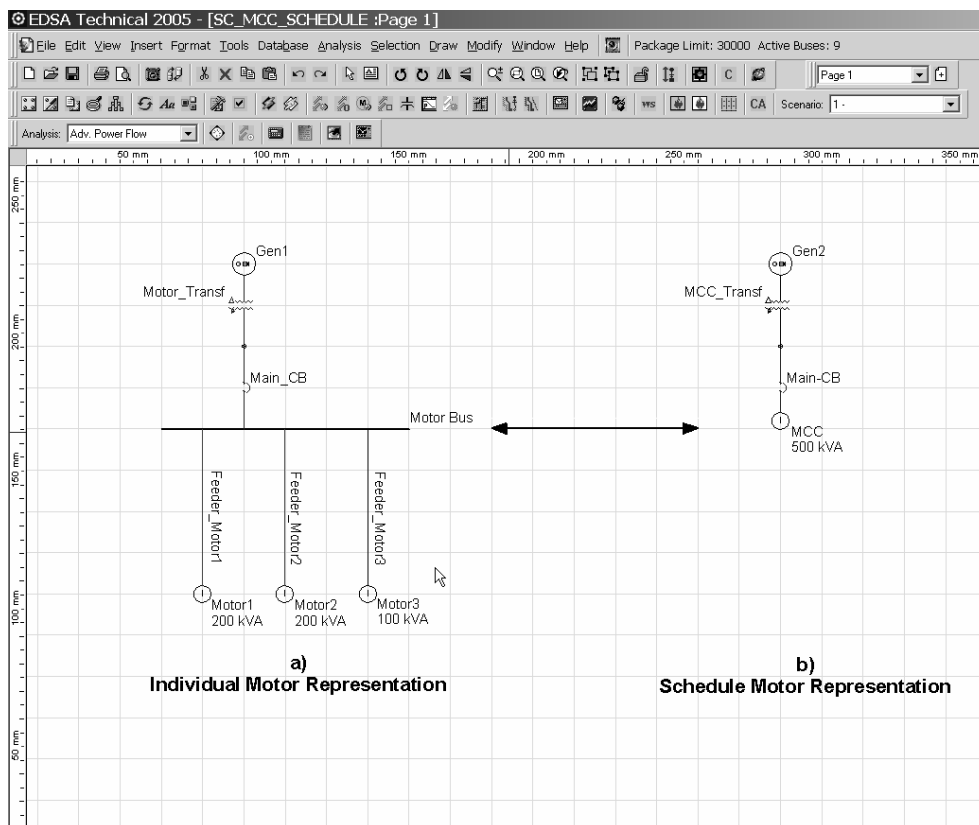


Fig.V.42 Reprezentarea motoarelor în modul de calcul a curenților de scurtcircuit: a) individual; b) grupat, prin opțiunea "Schedule"

În figura V.43 este ilustrat modul de reprezentare al motoarelor, grupat, prin opțiunea "Schedule" iar în figura V.44 se arată modul în care sunt incluse aceste motoare în cadrul opțiunii "Schedule".

În figura V.45 este listat modul de evidențiere a componentelor căilor de alimentare a motoarelor grupate prin opțiunea "Schedule".

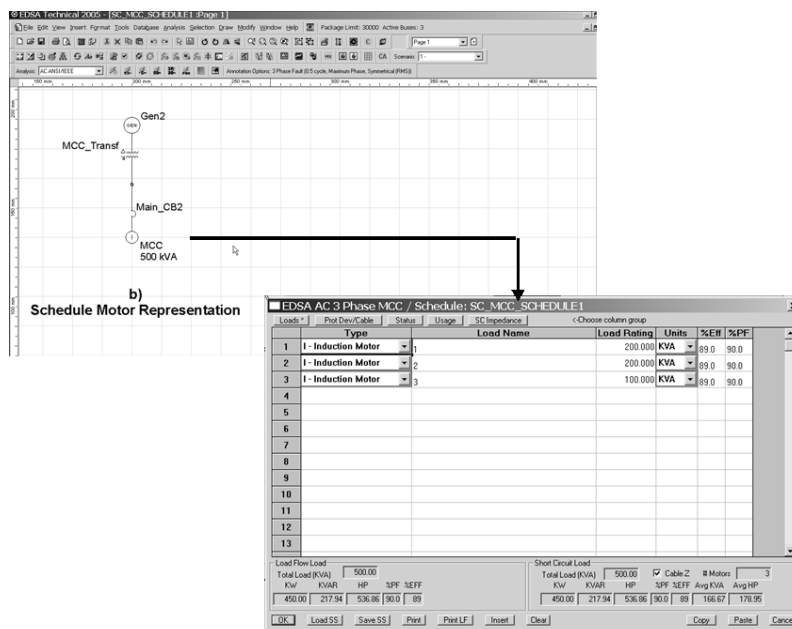


Fig.V.43 Motoarele în opțiunea ”Schedule”

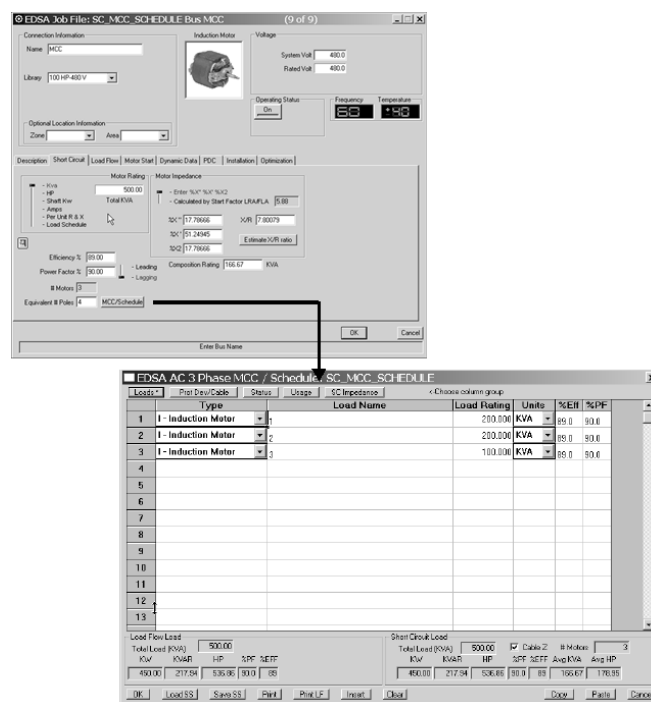


Fig.V.44 Opțiunea de listare a motoarelor din opțiunea ”Schedule”

EDSA AC 3 Phase MCC / Schedule: SC_MCC_SCHEDULE

Loads Prot Dev/Cable * Status Usage SC Impedance <-Choose column group

	Prot Dev	Cable Code	Length	R/1000'	X/1000'	Prot Amps
1	Breake	250	100.0	0.04330	0.03380	250.0
2	Breake	250	100.0	0.04330	0.03380	250.0
3	Breake	250	50.0	0.04330	0.03380	250.0
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						

Load Flow Load

Total Load (KVA) 500.00

KW KVAR HP %PF %EFF

450.00 217.94 536.86 90.0 89

Short Circuit Load

Total Load (KVA) 500.00 ☒ Cable Z # Motors 3

KW KVAR HP %PF %EFF Avg KVA Avg HP

450.00 217.94 536.86 90.0 89 166.67 178.95

OK Load SS Save SS Print Print LF Insert Clear Feeder Copy Paste Cancel

Fig.V.45 Reprezentarea componentelor căilor de alimentare a motoarelor grupate în "Schedule"

În figurile V.46 și V.47 sunt ilustrate modurile de reprezentare a stării motoarelor respectiv a încărcării acestora în listele accesibile prin opțiunea "Schedule".

EDSA AC 3 Phase MCC / Schedule: SC_MCC_SCHEDULE

Loads Prot Dev/Cable Status * Usage SC Impedance <-Choose column group

Scen 1

1	☒ ON
2	☒ ON
3	☒ ON
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	

Load Flow Load

Total Load (KVA) 500.00

KW KVAR HP %PF %EFF

450.00 217.94 536.86 90.0 89

Short Circuit Load

Total Load (KVA) 500.00 ☒ Cable Z # Motors 3

KW KVAR HP %PF %EFF Avg KVA Avg HP

450.00 217.94 536.86 90.0 89 166.67 178.95

OK Load SS Save SS Print Print LF Insert Clear Copy Paste Cancel

Fig. V.46 Starea motoarelor grupate prin opțiunea "Schedule"

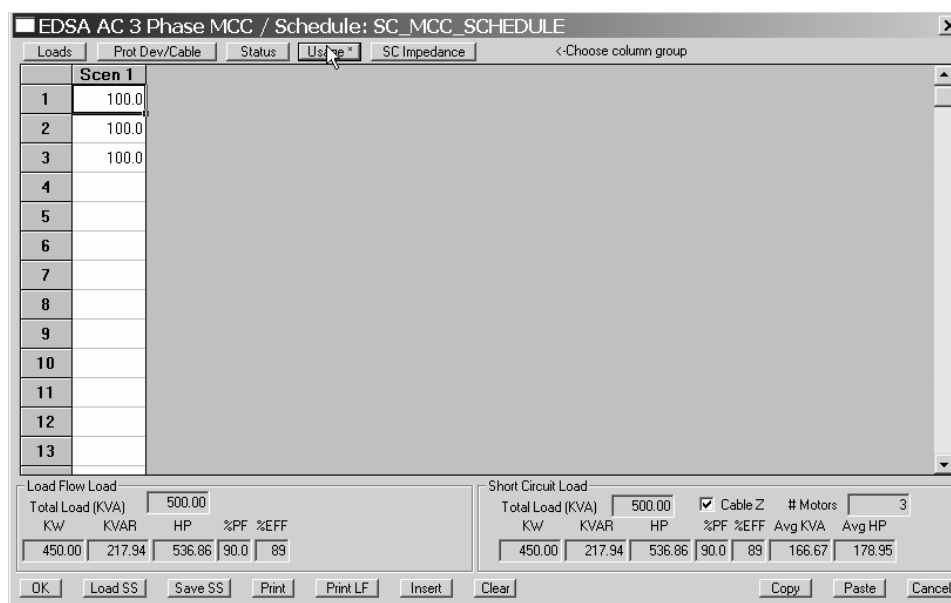


Fig. V.47 Încărcarea motoarelor grupate prin opțiunea "Schedule"

V.10.1 Calculele de scurtcircuit pentru sarcinile grupate prin opțiunea "Schedule"

Procedura de calcul și analiză a curenților de scurtcircuit a fost descrisă anterior. Rezultatele pot fi prezentate fie pe schema monofilară fie într-un fișier text.

Pasul 1: selectarea nodului MCC (Motor Common Coupling, nodul în care sunt conectate motoarele grupate prin opțiunea "Schedule").

În figura V.48 este arătat modul în care este selectat, după grupare, nodul MCC în care sunt conectate motoarele ce contribuie la curentul de scurtcircuit.

Pasul 2: alegerea opțiunilor de bază pentru calculele de scurtcircuit.

Figura V.49 prezintă opțiunile de bază pentru calculele de scurtcircuit, opțiuni ce pot fi selectate în fereastra din figură.

Pasul 3: lansarea programului pentru calculul scurtcircuitului pentru prima semiperioadă.

În figura V.50 este prezentat modul de lansare a procedurii de calcul.

Pasul 4: afișarea rezultatelor

Figura V.51 prezintă modul de afișare a rezultatelor în schema monofilară cu evidențierea, în nodul MCC, a contribuției motoarelor și a sursei.

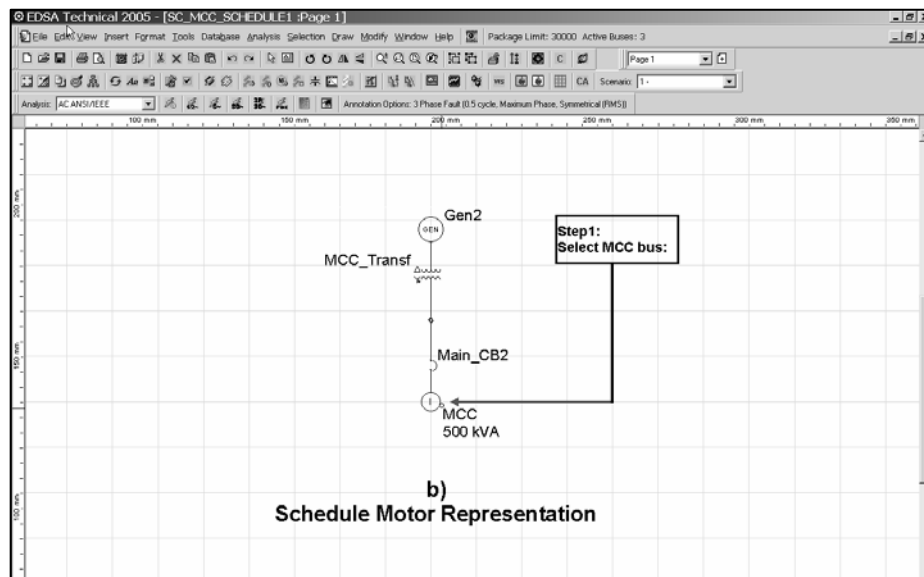


Fig. V.48 Modul de selectare a nodului MCC

Short Circuit Analysis Basic Option

Calculation | Control for ANSI/IEEE

Current Scenario: 1:

Base Voltage: * Adjusted By Tap/Turn Ratio, * System Voltage

Prefault Voltage to be Used in Calculations: * System Voltage, * Load Flow Calculated Voltage, * Actual/Nameplate Voltage

Contribution Level: Levels away from fault location for output. 4

Default Output: * Annotation, * Report, * None

Miscellaneous Options: ☐ Use only X to calculate Results

Fault Impedance: 0. R: Ohms, 0. X: Ohms

Duty Type for PDE Based On: * Max Branch Fault Flow, * Total Bus Fault Current

Bus Type to Select: * All Buses, * Mid./High Voltage Buses, * Low Voltage Buses, * MCC/Schedule Motors

Selected Buses: All Buses, Sliding Fault, Series Fault

Selected Buses: MCC

Buttons: Add >, < Remove, <<Remove All

Branch Currents are reported. If one bus is selected, Fault Voltage are Reported.

Buttons: OK, Cancel, Apply

Fig. V.49 Alegerea opțiunilor de bază pentru calculele de scurtcircuit

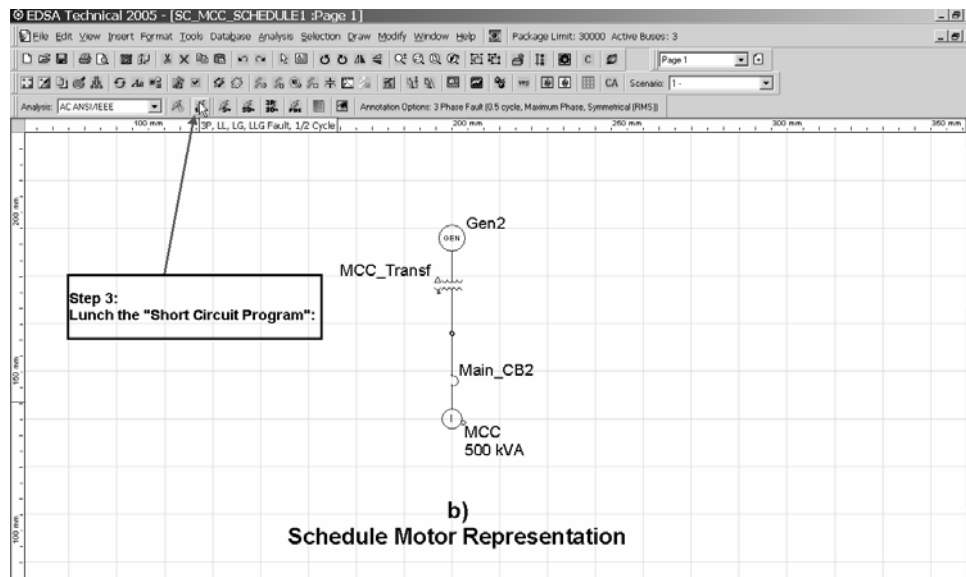


Fig. V.50 Lansarea programului de calcul pentru analiza scurtcircuitului în prima semiperioadă

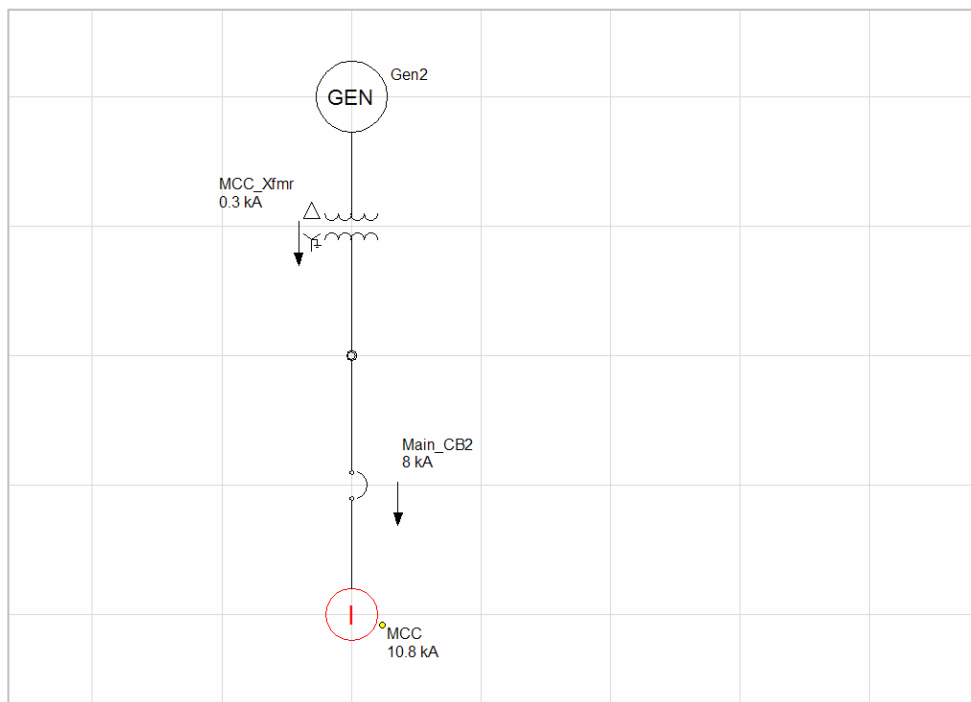


Fig. V.51 Afișarea rezultatelor privind contribuția la curentul de scurtcircuit a motoarelor grupate și a sursei în nodul comun MCC

Programul permite evidențierea contribuției fiecărui motor, din cadrul grupării prin opțiunea ”Schedule”, la curentul de scurtcircuit alături de contribuția sursei. În figura V.51 afișarea rezultatelor se face pe schema monofilară în care se poate vedea contribuția totală a motoarelor grupate ca fiind de 10.8 kA iar cea a sursei de 8 kA.

Așa cum s-a precizat anterior, contribuția motoarelor este importantă în prima jumătate de perioadă de la producerea defectului. Ulterior, datorită fenomenelor de amortizare a curenților ca și a scăderii t.e.m. a motoarelor, devenite generatoare imediat după defect, contribuția acestora este mult diminuată și se poate neglija.

Pentru a evidenția contribuția fiecărui motor din lista ”Schedule” se procedează așa cum se prezintă în continuare.

Pasul 1: selectarea nodului comun de conectare a motoarelor – MCC, așa cum rezultă din figura V.52.

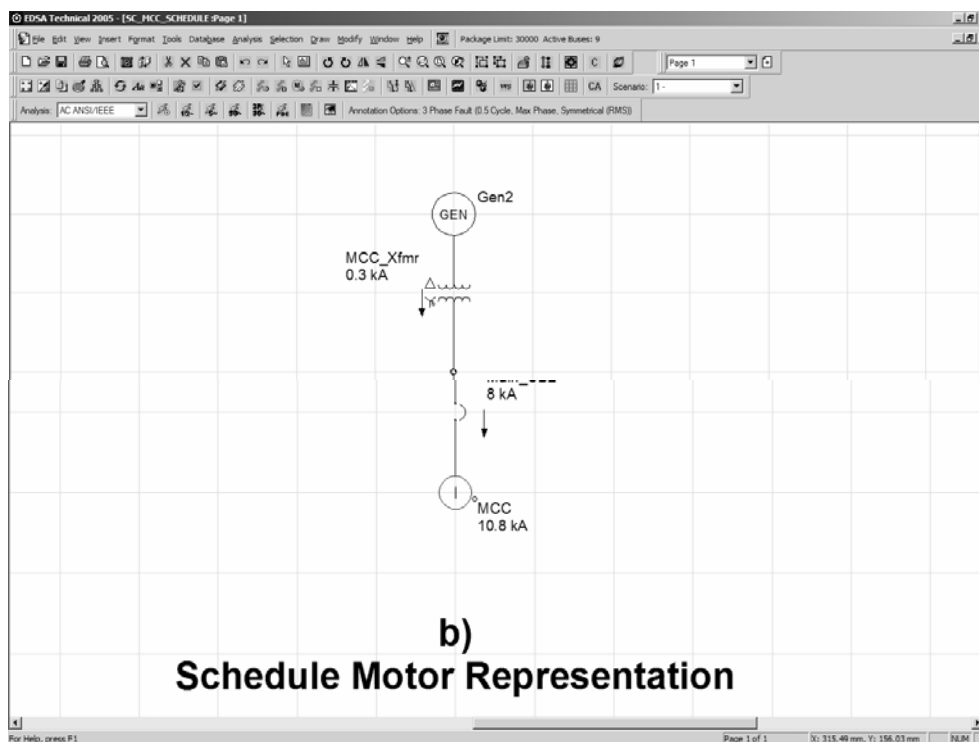


Fig. V.52 Selectarea nodului comun de grupare a motoarelor - MCC

Pasul 2: lansarea programului pentru calculele de scurtcircuit, așa cum rezultă din figura V.53.

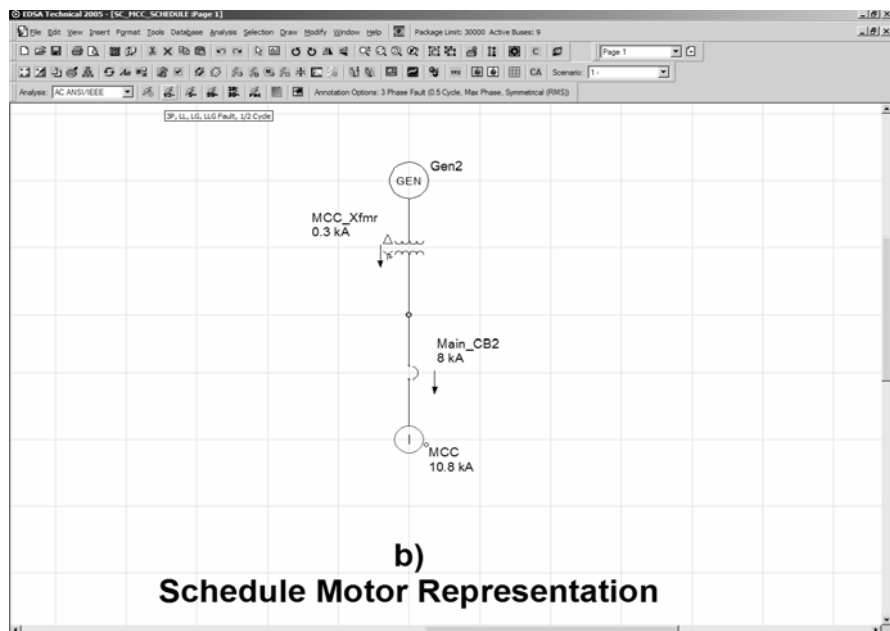


Fig. V.53 Lansarea programului pentru calculul curenților de scurtcircuit

Pasul 3: "Manager Report" – selectarea raportului cu rezultate

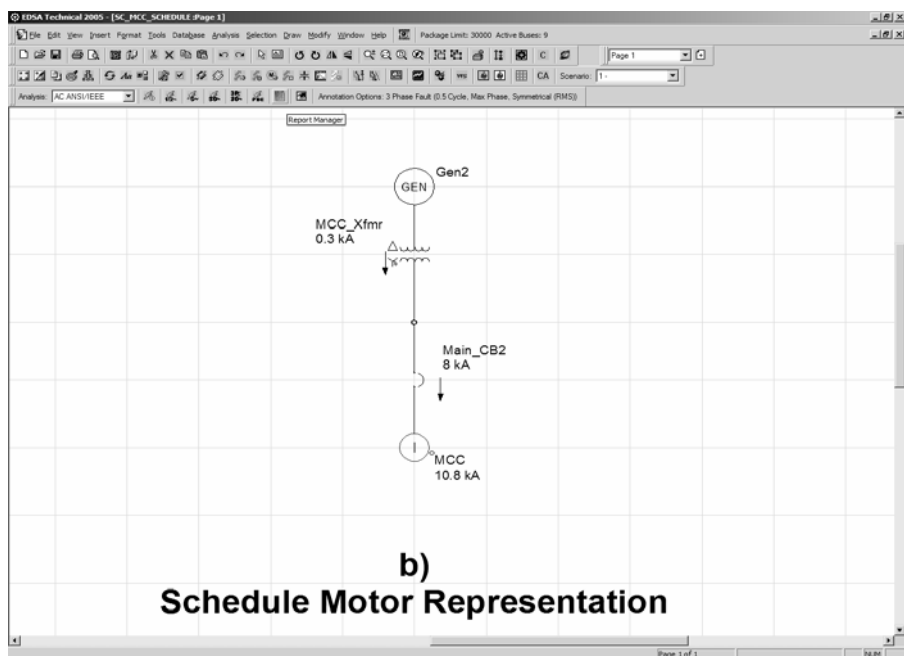


Fig. V.54 Selectarea raportului cu rezultatele calculelor de scurtcircuit

Pasul 4: Selectarea opțiunii ”MCC/Schedule” , figura V.55.

Fig. V.55 Opțiunea ”MCC/Schedule” în scopul evidențierii contribuției individuale a motoarelor grupate în nodul MCC

Rezultatele sunt afișate în raportul text astfel:

- contribuția fiecărui motor în raport cu nodul defect;
- curentul total de defect în nodul MCC.

Fișierul parțial al raportului text, întocmit după efectuarea calculelor de scurtcircuit, este prezentat mai jos.

EDSA	
3-Phase Short Circuit v6.00.00	
Project No.:	Page : 2
Project Name:	Date : 12/11/2009
Title :	Time : 05:39:41 PM
Drawing No.:	Company :
Revision No.:	Engineer :
JobFile Name: SC_MCC_SCHEDULE	Check by :
Scenario : 1:	CheckDate:
Base kVA : 10000.0	Cyc/Sec : 50

Electrical One-Line Industrial project

System Summary

Total Number of Activate Nodes :	3
Total Number of Activate Branches :	2
Number of Active Sources :	2
Number of Active Motors :	4
Number of ZigZag Busses :	0
Number of Transformers :	2
Number of Active Islands :	1
Reference Temperature (°C) :	20.0
Impedance Displaying Temperature (°C) :	25.0

Calculation Options

Calculating Fault at Single Bus with Fault:
 $Z = 0.00000 + j* 0.00000 \text{ Ohms}$

Transformer Phase Shift is not considered.
ANSI/IEEE Calculation
Separate R and X for X/R, Complex Z for Fault Current
The Multiplying Factors to calculate Asym and Peak are Based on Actual X/R
Peak Time Applies ATPC Equation
Duty Type for PDE is based on Total Bus Fault Current

Prefault Voltages :	Use System Voltage
Base Voltages :	Use System Voltages

EDSA										
3-Phase Short Circuit v6.00.00										
Project No.:						Page : 2				
Project Name:						Date : 11/11/2009				
Title :						Time : 05:39:41 PM				
Drawing No.:						Company :				
Revision No.:						Engineer :				
JobFile Name: SC_MCC_SCHEDULE						Check by :				
Scenario : 1:						CheckDate:				
Base kVA : 10000.0						Cyc/Sec : 50				

Electrical One-Line Industrial project										

Bus Schedule Results: 0.5 Cycle --3 Phase Faults										

MCC/Schedule Bus Name : MCC						Prefault Voltage : 480.0 V				
Rating			Motor Bus fault			Motor Data		Cable Data		
Item Cd	KVA	HP	X/R Ratio	Sym kA	Asym kA	X/R Ratio (%)	X	Length Feet	R Ω/K	X Ω/K
1 MI 1	200.0	218.6	5.28	10	12	9.0	17.0	100	0.0433	0.0338
2 MI 2	200.0	218.6	5.28	10	12	9.0	17.0	100	0.0433	0.0338
3 MI 3	100.0	104.59	6.60	10	13	9.0	20.0	50	0.0433	0.0338

Bus Results: 0.5 Cycle--Symmetrical--3P, LL,LG,& LLG Faults										

Thevenin Imped. ANSI										
Bus Name Cd	Pre-Flt V	3P Flt. KA	LL Flt. KA	LG Flt. KA	LLG Flt KA	Z+(pu)	Zo(pu)	3P X/R	Bus	
Description										
MCC	MI	480.0	11	9	13	12	1.12	0.61	11.67	

Validarea rezultatelor se bazează pe considerarea a două modele de scheme monofilare, conform figurii V.56:

- un model în care este reprezentat fiecare motor;
- un model în care motoarele, reprezentate anterior individual, sunt grupate prin comanda "MCC Schedule".

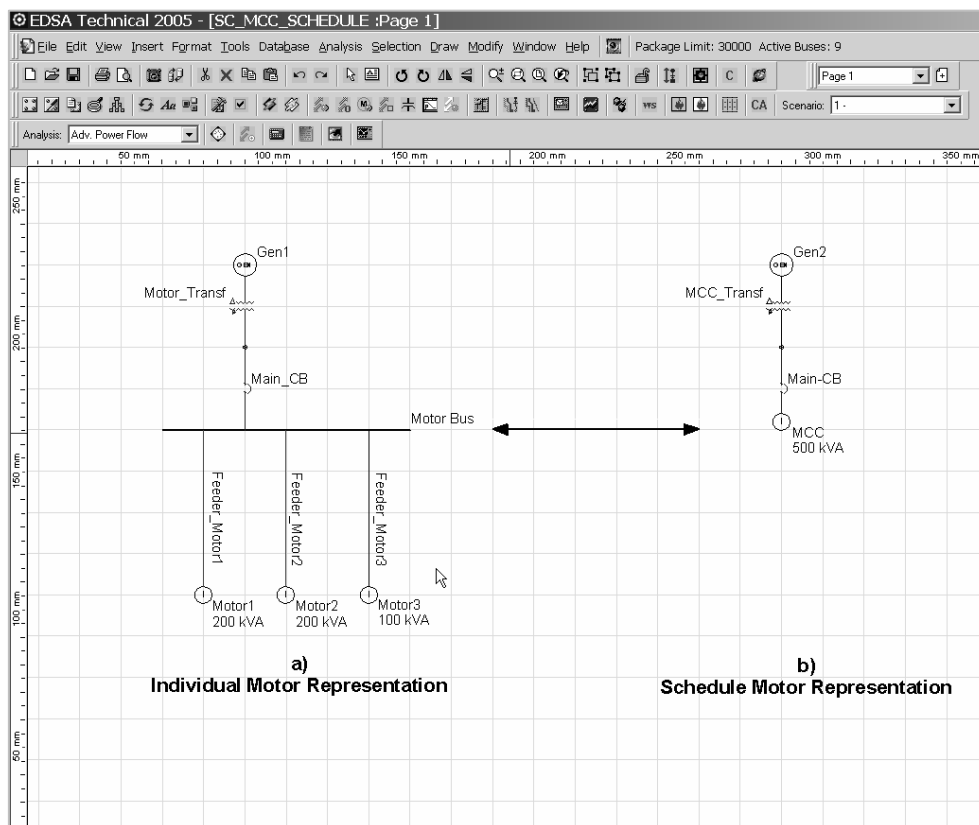


Fig. V.56 Cele două modele de rețea considerate pentru validarea rezultatelor calculelor de scurtcircuit în cazul grupării motoarelor (sarcinii dinamice): a) reprezentarea individuală a fiecărui motor; b) considerarea grupată a motoarelor prin comanda "Schedule"

Se efectuează calculele pentru un scurtcircuit în nodul "Motor Bus" parcurgând următorii pași:

Pasul 1: se selectează nodul "Motor Bus", conform figurii V.57.

Pasul 2: se selectează butonul "Short Circuit", ca în figura V.58.

Pasul 3: se lansează programul de calcul de scurtcircuit cu analiză pentru prima jumătate de perioadă, conform figurii V.59.

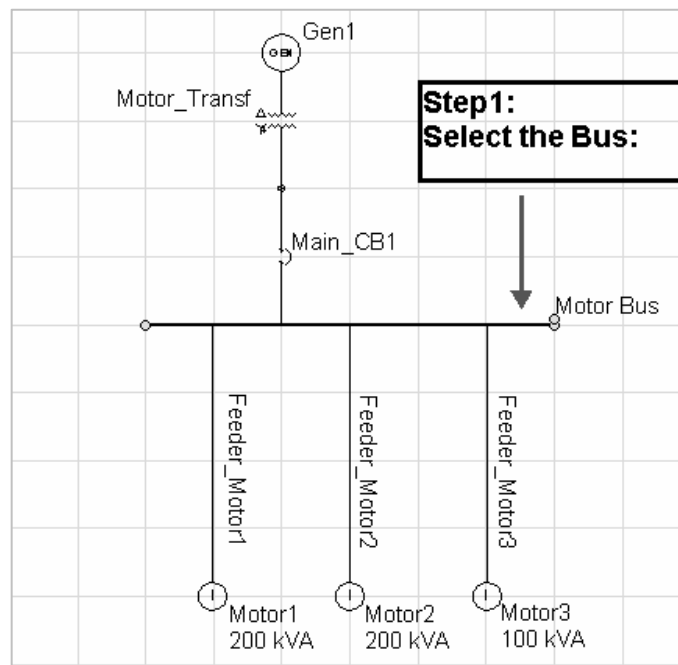


Fig. V.57 Selectarea nodului pentru analiza contribuției individuale a motoarelor la scurtcircuit

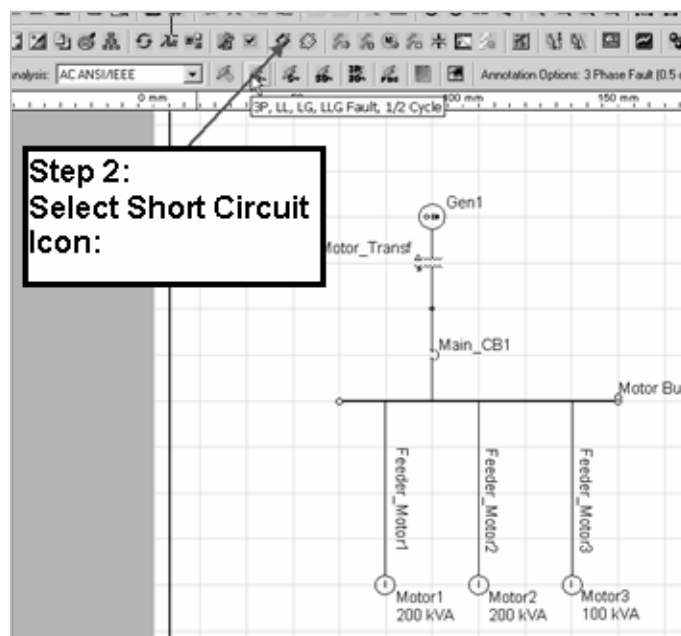


Fig. V.58 Selectarea programului de calcul pentru scurtcircuit

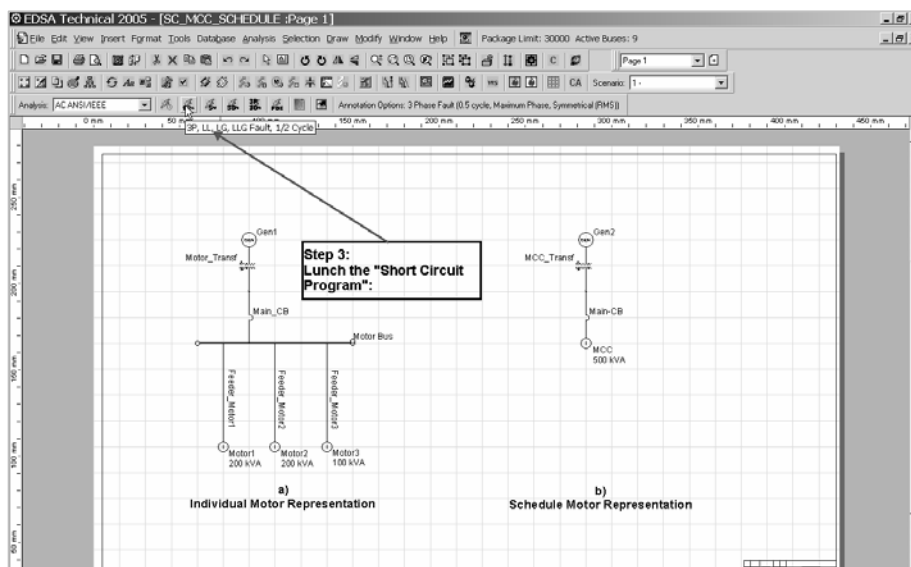


Fig. V.59 Selectarea opțiunii de calcul a scurtcircuitului pentru prima 1/2 perioadă

Analiza rezultatelor în urma calculelor de scurtcircuit

- a) În cazul reprezentării individuale a motoarelor, rezultatele sunt afișate pe schema monofilară ca în figura V.60 unde se poate observa un curent total de scurtcircuit spre nodul defect de 10.8 kA în care 8 kA reprezintă contribuția sursei adiacentă nodului iar restul contribuția motoarelor
- b) Rezultatul calculului în cazul considerării grupate a motoarelor este prezentat în figura V.61 unde, pentru comparație, este arătat și rezultatul de la punctul a). Se poate observa că rezultatele sunt aproape identice.

Și în cazul selectării inițiale a opțiunii de calcul în toate nodurile rețelei, rezultatul este similar celui obținut în cazurile a) și b) de mai sus ceea ce demonstrează că modalitatea de grupare a motoarelor simplifică analiza, reduce numărul de noduri al rețelei fără diminuarea preciziei rezultatelor.

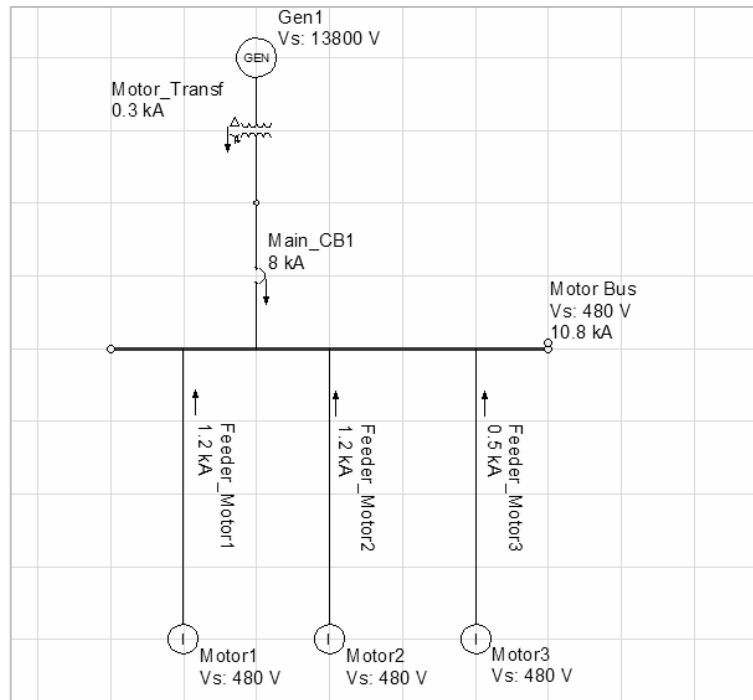


Fig. V.60 Rezultatele calculului în cazul considerării individuale a motoarelor

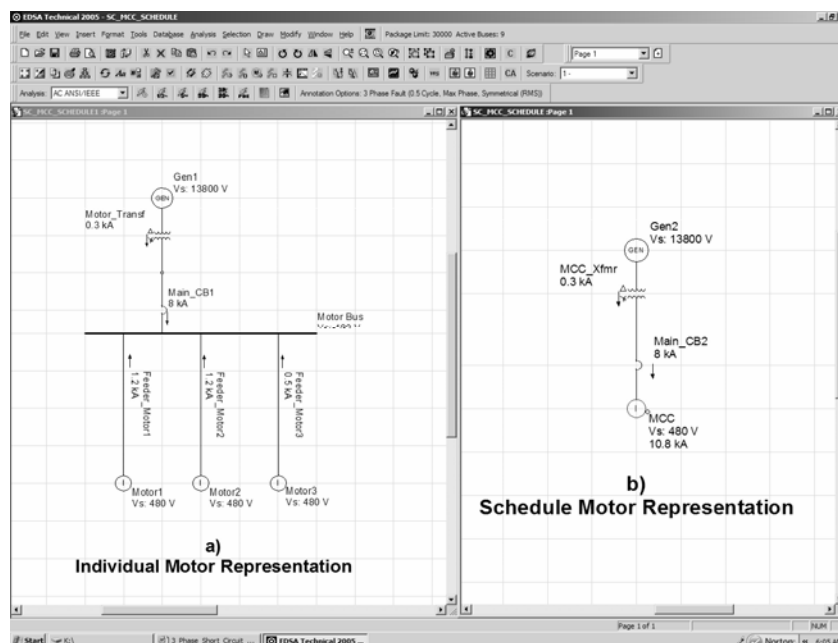


Fig. V.61 Analiza comparativă a rezultatelor

V.11 Utilizarea metodei IEC 61363 pentru calculul și analiza scurtcircuitului trifazat

Din lista cu standardele selectabile pentru calculele de scurtcircuit se alege AC IEC 61363 în scopul analizei scurtcircuitului trifazat în conformitate cu acest standard.

Conform opțiunii alese, se determină valorile instantanee ale componentelor de c.a. și c.c., curentul total și constanta de T_{DC} de amortizare a componentei aperiodice, pentru scurtcircuite în toate nodurile rețelei analizate. Rezultatele sunt prezentate într-un tabel în funcție de $T/2$.

Generatoarele sunt modelate prin reactanțele lor tranzitorii de secvență iar motoarele prin impedanțele de scurtcircuit. Constantele de timp subtranzitorii și tranzitorii ca și cele ale componentelor aperiodice sunt, de asemenea, considerate în calcule.

Utilizatorul poate selecta afișarea rezultatelor într-un fișier format standard sau includerea lor pe schema monofilară. Este posibilă și afișarea rezultatelor în formă grafică, pe durata regimului tranzitoriu, în funcție de timp.

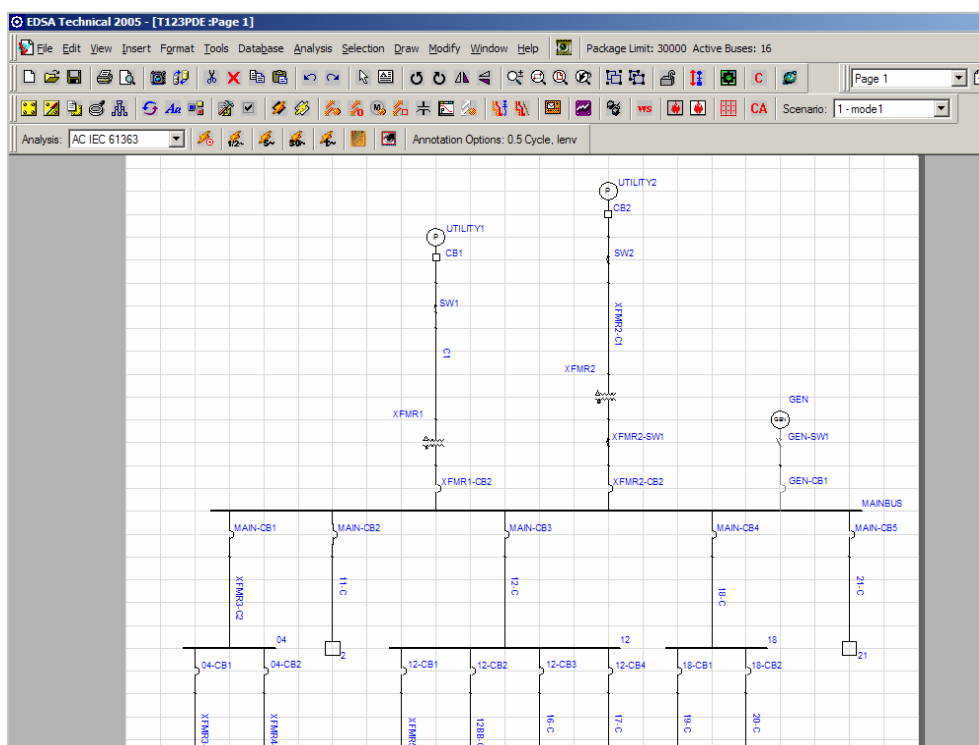


Fig. V.62 Selectarea reprezentării grafice a rezultatelor privind curentul de scurtcircuit conform IEC 61363

Afișarea grafică se face, așa cum este prezentat în figura V.63, în urma apăsării butonului  din menu-ul afișat.

Din graficul afișat și prezentat în figura V.63, se pot selecta toate sau fiecare din componentele curentului de scurtcircuit calculat conform IEC 61363. Graficele conțin informații detaliate relativ la amplitudinea mărimilor afișate și la scara de timp permițând o analiză cantitativă și calitativă corectă.

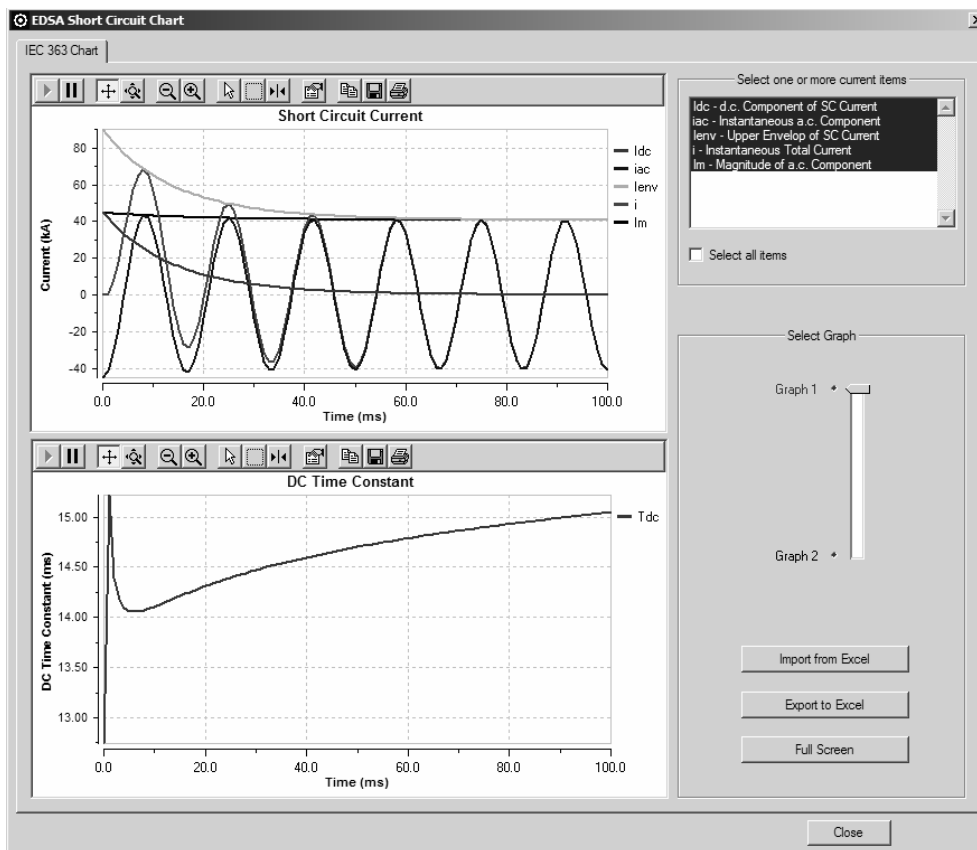


Fig. V.63 Afișarea grafică a rezultatelor privind curentul de scurtcircuit

Rezultatele pot fi prezentate într-un fișier text, sub formă standardizată, așa cum este prezentat, parțial, în continuare.

EDSA

IEC 363 Short Circuit v6.00.00

Project No.:
Project Name:
Title :
Drawing No.:
Revision No.:
JobFile Name: T123PDE
Scenario : 1:mode1
Base kVA : 100000

Page : 2
Date : 10/11/2009
Time : 05:03:41 PM
Company :
Engineer :
Check by :
CheckDate:
Cyc/Sec : 50

Electrical One-Line 3-Phase Network for ANSI PDE

Bus Detailed Short Circuit Report

SC Current(kA), Time Constant(ms) at the following Times

Bus Name	Pre-Flt kV	Tdc	0T Idc	0T Iac	Tdc @T/2	T/2 Idc	T/2 Iac	Tdc @2T	2T Idc	2T Iac
04	0.48	0.91	8.69	6.14	0.92	0.00	6.14	0.94	0.00	6.14
07	0.21	1.67	2.32	1.64	1.67	0.02	1.64	1.69	0.00	1.64
10	0.21	1.28	12.1	8.55	1.29	0.02	8.55	1.31	0.00	8.55
12	0.48	21.0	29.6	20.97	6.10	7.57	20.18	6.56	0.18	19.0
12BB	0.48	25.7	26.05	18.42	5.82	6.23	17.78	6.16	0.12	16.8
15	0.21	2.13	2.89	2.04	2.13	0.06	2.04	2.15	0.00	2.04
16	0.48	25.4	25.32	17.91	5.68	5.84	17.32	5.99	0.10	16.4
17	0.48	11.5	23.42	16.56	4.48	3.64	15.88	6.23	0.11	14.9
18	0.48	16.0	26.34	18.62	5.17	5.25	17.90	5.49	0.06	16.8
19	0.48	2.62	14.39	10.17	3.05	0.94	9.54	6.77	0.10	8.7
2	0.48	1.33	7.00	4.95	1.33	0.01	4.95	1.35	0.00	4.95
20	0.48	20.7	24.62	17.41	5.29	5.10	16.77	5.58	0.06	15.8
21	0.48	9.02	34.08	24.10	4.75	5.90	23.41	4.85	0.04	22.4
GEN	0.48		0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.0
MAINBUS	0.48	12.7	45.14	31.92	14.1	24.76	30.65	14.5	4.51	29.3
UTILITY1	4.80	32.3	8.23	5.82	13.6	4.46	5.78	13.8	0.74	5.72
UTILITY2	4.80	33.1	8.21	5.81	13.7	4.46	5.78	13.9	0.74	5.72

V.11 Datele de intrare pentru analizele de scurtcircuit

V.11.1 Datele de intrare pentru nodul de racord cu sistemul

În raport cu nodul de racord se introduc datele rețelei echivalente (din amonte), așa cum rezultă din figura V.64.

Dacă puterea de scurtcircuit corespunzătoare defectului de tip monofazat L-G este zero, sistemul este considerat ca având neutrul izolat.

V.11.2 Datele de intrare pentru generatorul sincron

În scopul calculelor de scurtcircuit, pentru generatorul sincron sunt necesare datele de intrare prezentate în figura V.65.

EDSA Job File: T123PDE Bus UTILITY2 (48 of 48)

Connection Information
Name: UTILITY2

Optional Location Information
Zone: Area:

Utility Bus

Voltage
System KV: 48000
Actual Operating V: 4800.0 Volts

Operating Status
On 1 mode1

Frequency: 50 Temperature: +20

Description Short Circuit Load Flow Dynamic Data PDC Installation Optimization

Power Data Type
- Kva
- Mva
- Amps
- Per Unit

3 Phase Utility X/R
X/R + 5.00001
X/R - 5.00001
X/R 0 5.00001

Sequence X/R
Fault Type X/R

Utility Base Kva: 40000

3 Phase Per Unit Values
R + .196116 X + .980581
R - .196116 X - .980581
R 0 .196116 X 0 .980581

OK Cancel

Enter Bus Name

Fig. V.64 Datele de intrate pentru nodul de racord (rețeaua echivalentă din amonte)

EDSA Job File: ANSIYY1 Bus G2 (9 of 71)

Connection Information
Name: G2
Library:

Optional Location Information
Zone: Area:

Generator

Voltage
System Volt: 13800.0

Operating Status
On

Frequency: 50 Temperature: +40

Description Short Circuit Load Flow Dynamic Data PDC Installation Optimization

Generator Rating
12500 KVA

Grounding
Solid
Impedance
Solid
Ungrounded

Nameplate: 13800 Volts
Power Factor: 80.00 %
Poles: 4 RPM: 1800

Generator Impedance
% (Gen KVA) Per Unit (Sys KVA)
Reactance
%X "dv 11.50000 X/R 33.00000
%X 'dv 15.00000
%Xd 100.00000
%X2y 11.50000
%Xo 5.00000

Estimate X/R
T a3 .00 (s)
%Ra .00
If unknown, enter 0 and click 'Estimate X/R ratio'
Estimate X/R ratio

Excitation System
Fixed Voltage

OK Cancel

Select Generator Grounding Type

Fig. V.65 Datele de intrare pentru generatorul sincron

V.11.3 Datele de intrare pentru motoarele asincrone

Figura V.66 include datele necesare, pentru calculele de scurtcircuit, relativ la motoarele asincrone (de inducție). Puterea poate fi introdusă în diverse moduri și unități:

- aparentă, KVA;
- cai putere, HP;
- "Shaft KW" – putere utilă la arbore, KW;
- amperi, la tensiunea nominală, A;
- unități relative, p.u.;
- sarcină grupată.

Pot fi introduse detalii, în cazul diverselor analize, în afara analizelor de scurtcircuit, legate de regimul tranzitoriu de pornire, regimul permanent, cordonarea protecțiilor, fiabilitate, optimizare, etc.

EDSA Job File: ANSI-YY Bus M4 (28 of 67)

Connection Information

Name: M4

Library: 200 HP-480 V

Optional Location Information

Zone: Area:

Induction Motor

Voltage

System Volt: 4160.0

Rated Volt: 4000.0

Operating Status: On

Frequency: 50

Temperature: +20

Description | Short Circuit | Load Flow | Motor Start | Dynamic Data | PDC | Reliability | Installation | Optimization

Motor Rating

- Kva: 1500.00

- HP: Total HP

- Shaft Kw

- Amps

- Per Unit R & X

- Load Schedule

Motor Impedance

- Enter %X" %X' %X2

- Calculated by Start Factor LRA/FLA: 6.25

%X": 16.00000

%X': 51.00000

%X2: 20.40000

Estimate X/R ratio

X/R: 27.00000

Efficiency %: 92.44

Power Factor %: 91.00

- Leading

- Lagging

Composition Rating: 1500.00 HP

Motors: 1

Poles: 4

MCC/Schedule

Find | Save to Library | Navigate | OK | Cancel

Fig. V.66 Datele de intrare pentru motoarele de inducție (asincrone)

În cazul în care motoarele sunt grupate într-o sarcină echivalentă, folosind opțiunea "Schedule", în figura V.66 apare și fereastra "Composition Rating". Valoarea în HP (cai putere) sau altă unitate de măsură a puterii echivalente (KVA, KW) reprezintă valoarea medie a motorului în grupare, valoare ce poate fi selectată și modificată de utilizator.

V.11.4 Datele de intrare pentru motoarele sincrone

Figura de mai jos arată care sunt datele necesare pentru motoarele sincrone necesare analizelor de scurtcircuit.

EDSA Job File: MUTUALNET Bus 0001 (1 of 12)

Connection Information

Name: 0001

Library: 1000 HP

Optional Location Information

Zone: Area:

Synchronous Motor

Voltage

System KV: 13.8000

SC Rated KV: 13.0000

LF Rated KV: 13.0000

Operating Status: On

Frequency: 50

Temperature: 40

Description | Short Circuit | Load Flow | Motor Start | Dynamic Data | PDC | Installation | Optimization

Motor Rating

- Kva: 1000.00

- HP: HP

- Shaft Kw

- Amps

- Per Unit R & X

- Load Schedule

Efficiency %: 87.00

Power Factor %: 85.00

- Leading

- Lagging

Poles: 4

Schedule

Synchronous Motor Impedance

Reactance

%X'dv: 20.00000

%X'd: 30.00000

%Xd: 100.00000

%X2v: 20.00000

%Xo: 20.00000

X/R: 30.00000

Estimate X/R

Ta3: .00 (s)

%Ra: .00

Estimate X/R ratio

Grounding: Ungrounded

Excitation System

Potential Source

OK Cancel

Enter Bus Name

Fig. V.67 Datele de intrare pentru motoarele sincrone

Pentru acest tip de motoare, programul poate estima raportul X/R în acord cu caracteristicile principale ale acestora.

V.11.5 Datele de intrare pentru întrerupătoarele de ÎT în scopul calculului de scurtcircuit conform standardelor ANSI/IEEE

Datele necesare pentru acest tip de echipamente, în scopul efectuării calculului de scurtcircuit, sunt prezentate în figura V.68 de mai jos.

EDSA Job File: ANSIYY1 Branch From BUS 1 To A5P:1 (8 of 73)

Branch Name: A5

Library: AM-13.8-500

Frequency: 50 Hz

Max Voltage: 15000 V

Amp Rating: 500.00 Amps

Circuit Breaker

Connection Information

From: BUS 1 To: A5P Circuit: 1

Existing Connection Status: - Closed, - Open

Normal Connection Status: - Normally Closed, - Normally Open

ATS

Data Entry Format: ☒ Actual Values, ☐ Per Unit

Description | Short Circuit | Load Flow | PDC | Installation

Circuit Breaker Impedance

R Ohms: 0.00001 X Ohms: 0.00001

Trip Relay Delay: .0 Cycles

Test X/R: 15.000 ☐ Fused

ANSI

Test Standard: T - Total

Interrupt Time Cycle: 8

Interrupt Rating at Max V: 19.245 kA

Max Inter Rating: 25.000 kA

Momentary Asym: 40.000 kA

Transient Recovery Voltage delay (u-sec)

RMS: 0 Peak: 0

Rise Rate: 0 KV / u-sec

Save to Library OK Cancel

Fig. V.68 Datele de intrare necesare pentru întrerupătoarele de ÎT

Tensiunea, frecvența și curentul nominal alături de impedanța (rezistența și reactanța) aparatului sunt mărimile principale constructive la care se adaugă cele care definesc performanța la scurtcircuit conform standardului de calcul și verificare ales: durata de întrerupere (în perioade), curentul de întrerupere la tensiunea maximă și la cea nominală precum și raportul X/R la care a fost testat.

V.11.6 Datele de intrare pentru întrerupătoarele de JT în scopul calculului de scurtcircuit conform standardelor ANSI/IEEE

Datele sunt incluse în ferestrele lansate de programul EDSA și prezentate în figurile V.69 a, b și c.

EDSA Job File: ANSIYY1 Branch From LC#2 To M15:1 (63 of 73)

Branch Name: L7

Circuit Breaker

Library: AKRT-50H

Frequency: 50 Hz
Max Voltage: 635 V
Amp Rating: 50.00 Amps

Connection Information

From: LC#2 To: M15 Circuit: 1

Existing Connection Status: ☐ - Closed ☐ - Open

Normal Connection Status: ☐ - Normally Closed ☐ - Normally Open

ATS

Data Entry Format: ☒ Actual Values ☐ Per Unit

Description: Short Circuit Load Flow PDC Installation

Circuit Breaker Impedance: R Ohms: 0.00001 X Ohms: 0.00001

Short Circuit Rating (Sym) at Applied Volts: ☐ - With Inst Trip: 42.000 kA ☐ - Without Inst Trip

Test X/R: 6.590 ☐ Fused

Save to Library OK Cancel

a)

EDSA Job File: ANSIYY1 Branch From LC#1 To M11:1 (48 of 73)

Branch Name: L3

Circuit Breaker

Library: AKRT-50H

Frequency: 50 Hz
Max Voltage: 480 V
Amp Rating: 50.00 Amps

Connection Information

From: LC#1 To: M11 Circuit: 1

Existing Connection Status: ☐ - Closed ☐ - Open

Normal Connection Status: ☐ - Normally Closed ☐ - Normally Open

ATS

Data Entry Format: ☒ Actual Values ☐ Per Unit

Description: Short Circuit Load Flow PDC Installation

Optional Description: Non-Essential Essential Critical Stand-By

Category:

Notes:

Part Number:
Manufacturer: GE
Serial Number:
Cost: .00 Weight: .00 Description:

Maintenance Schedule

May, 2004

Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
25	26	27	28	29	30	1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31	1	2	3	4	5

Breaker Category: P - PCB ☒ P - PCB ☐ M - MCCB ☐ I - ICCB

Save to Library OK Cancel

b)

EDSA Job File: ANSIYY1 Branch From LC#1 To M11:1 (48 of 73)

Branch Name: L3

Library: AKRT-50H

Frequency: 50 Hz

Max Voltage: 480 V

Amp Rating: 50.00 Amps

Connection Information

From: LC#1 To: M11 Circuit: 1

Existing Connection Status: Closed, Open

Normal Connection Status: Normally Closed, Normally Open

Data Entry Format: Actual Values, Per Unit

Short Circuit Rating (Sym) at Applied Volts

- With Inst Trip: 42.000 kA

- Without Inst Trip: 40.000 kA

Min. Short Trip Time: 0.050 Sec

Circuit Breaker Impedance

R Ohms: 0.00001 X Ohms: 0.00001

Test X/R: 4.500 Fused: ☒

Save to Library OK Cancel

c)

Fig. V.69 Datele de intrare pentru întrerupătoarele de JT

V.11.7 Datele de intrare pentru siguranțele electrice în scopul calculelor de scurtcircuit conform standardelor ANSI/IEEE

Datele necesare pentru calculele de scurtcircuit conform standardelor ANSI/IEEE sunt prezentate în figura V.70.

V.12 Studiul fenomenului de scurtcircuit folosind programul EDSA – ghid de utilizare

Utilizarea detaliată a modului specializat pentru calcule de scurtcircuit al programului EDSA va fi exemplificată, în cele ce urmează, pe baza unui exemplu existent în baza cu studii de caz cu care este livrat programul, exemplu existent, după instalarea programului la adresa: EDSA2005\Samples\3PhaseSC. Fișierul respectiv este T123.axd. Se parcurg pașii 1 și 2 prezentați în continuare, în figura V.71 după care se activează modulul de calcul specializat pentru calcule de scurtcircuit așa cum este prezentat în figura V.72.

EDSA Job File: ANSIYY1 Branch From Fan To S3P2:1 (33 of 73)

Branch Name: **S3** Fuse

Library: **Limitamp**

Frequency: **60** Hz
Max Voltage: **4800** V
Amp Rating: **100.00** Amps

Connection Information
From: **Fan** To: **S3P2** Circuit: **1**

Existing Connection Status
- Closed
- Open

Normal Connection Status
- Normally Closed
- Normally Open

Data Entry Format
☒ Actual Values
☐ Per Unit

Description: **Short Circuit** | Load Flow | PDC | Installation

Fuse Impedance
R Ohms: **0.00001** X Ohms: **0.00001**

Short Circuit Rating
- Sym: **80.000** kA
- ASym

Test X/R: **15.000**

Save to Library OK Cancel

Fig. V.70 Datele de intrare pentru siguranțele electrice

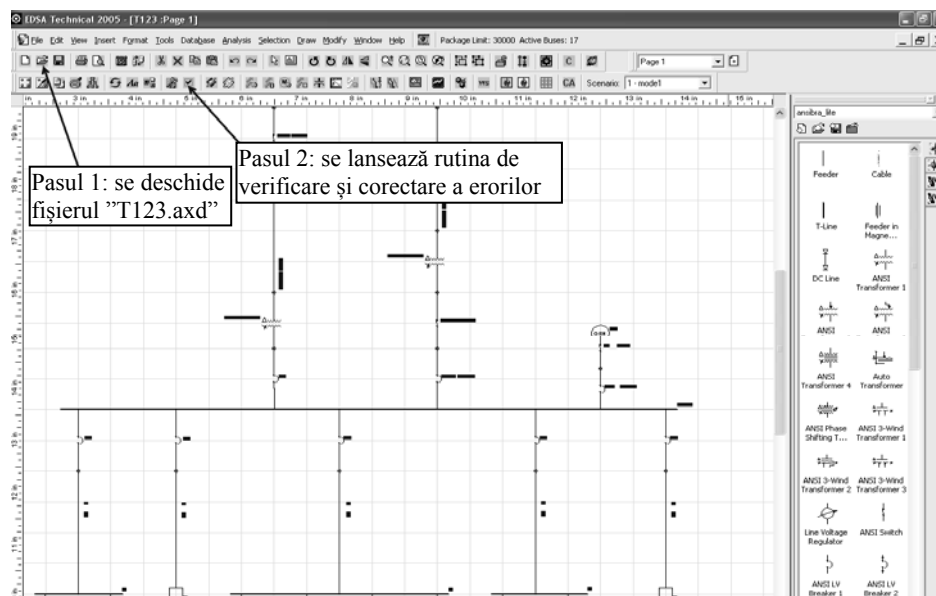


Fig. V.71 Primii pași într-o analiză de scurtcircuit

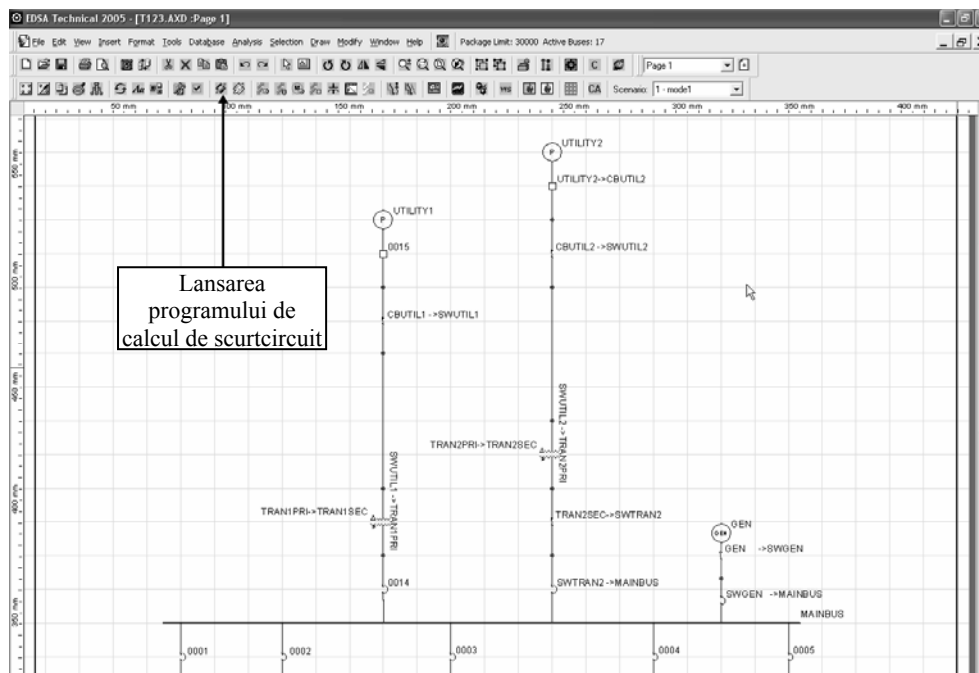


Fig. V.72 Pasul 3: lansarea modului pentru calcule de scurtcircuit

Menu-ul listat după pasul 3, figura V.72, cuprinde opțiunile principale de calcul referitoare la standardul ales pentru calculele de scurtcircuit:

- AC ANSI/IEEE (metoda calculării separate a mărimilor R și X)
- AC Classical (metoda mărimii complexe $\underline{Z}$)
- AC IEC 60909
- AC IEC 62363
- AC 1 Phase

Lista de mai sus apare după lansarea modului specific de calcul, așa cum este prezentat în figura V.73 după care se alege standardul dorit, figura V.74.

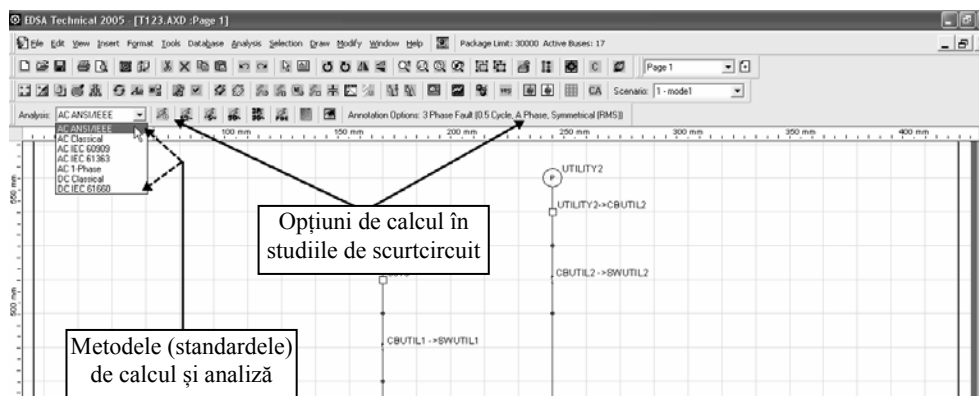


Fig. V.73 Alegerea standardului și a opțiunilor de calcul și analiză a scurtcircuitelor

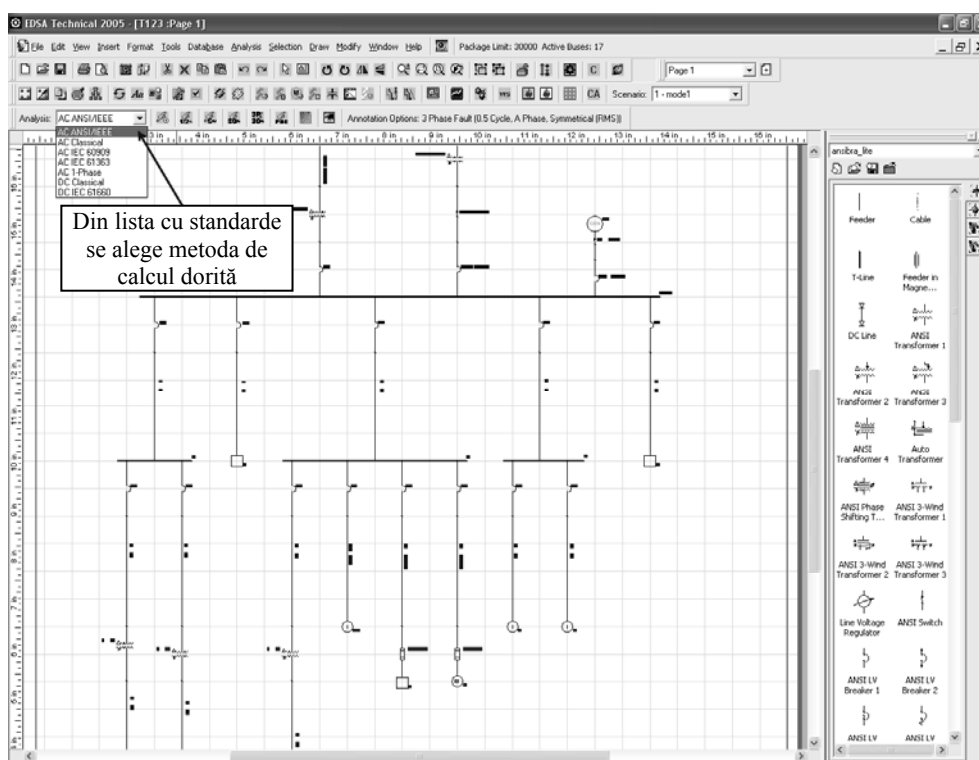


Fig. V.74 Din lista cu standarde se selectează, de exemplu, metoda ANSI/IEEE

Se poate opta pentru:

- simularea defectelor în unul sau mai multe noduri ale rețelei analizate în aceeași rutină de calcul;
- simularea defectelor în toate nodurile rețelei analizate; nodurile sunt alese nu simultan ci pe rând. În funcție de tipul de scurtcircuit dorit a fi analizat, programul va alege și va simula defecte de tip 3P, L-G, L-L, L-L-G pentru fiecare nod și va calcula mărimile de scurtcircuit corespunzătoare.

Un nod poate fi selectat în două moduri:

- direct pe schema monofilară cu ajutorul mouse-ului (click pe nodul dorit);
- prin selectarea nodului dorit în menu-ul "Short Circuit Analysis Option"

V.12.1 Selectarea grafică a nodului în care are loc defectul (Annotation)

V.12.1.1 Metoda AC ANSI/IEEE

Se selectează metode de calcul "AC ANSI/IEEE" ca în figura V.75. În fereastra "Short Circuit Analysis Basic Option"= opțiuni de bază pentru analiza de scurtcircuit se alege "Default Output" – Annotation (notare pe schema monofilară).

O altă selecție este listată în continuare:

- tensiunea de bază: tensiunea sistemului;
- tensiunea anterioară defectului: tensiunea sistemului;
- rangul nodului ce contribuie la scurtcircuit: 3 ("depărtarea" față de nodul analizat);
- raport implicit: Annotation;
- nodul selectat: toate nodurile;
- localizarea defectului: nodurile selectate.

V.12.1.2 Opțiunea "Annotation" pentru afișarea grafică a rezultatelor

"Annotation" permite utilizatorului să includă orice dată de intrare sau rezultat în schema monofilară, așa cum este prezentat în figura V.76. Se selectează, din lista cu rezultate, componentele dorite a fi înscrise pe schema monofilară.

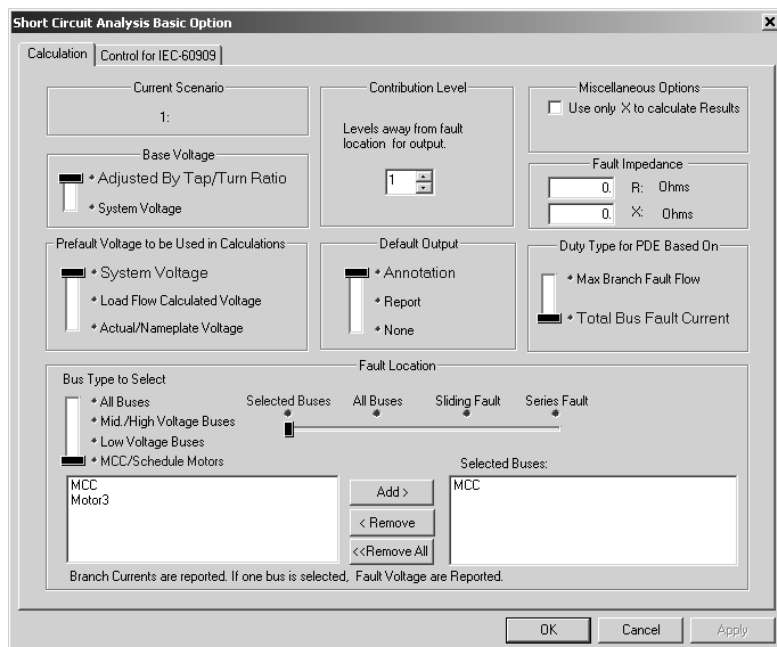


Fig. V.75 Opțiunile de bază pentru calculul și analiza scurtcircuitelor

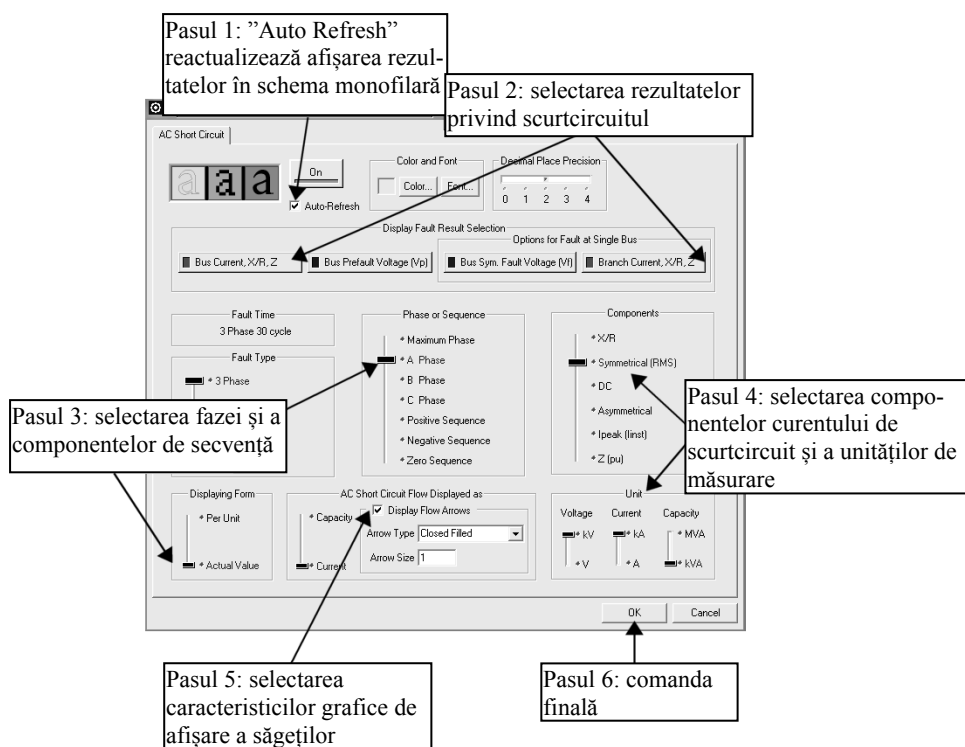


Fig. V.76 Comanda "Annotation": selectare mărimi pentru afișare grafică

V.12.1.3 Analiza scurtcircuitului trifazat, la 30 perioade, în nodul BUS 18

1. Se alege nodul BUS18, în schema monofilară, cu ajutorul mouse-ului.

Se apasă butonul  = 3 phase, 30 perioade. În schemă apar componentele curentului de scurtcircuit, conform figurii V.77

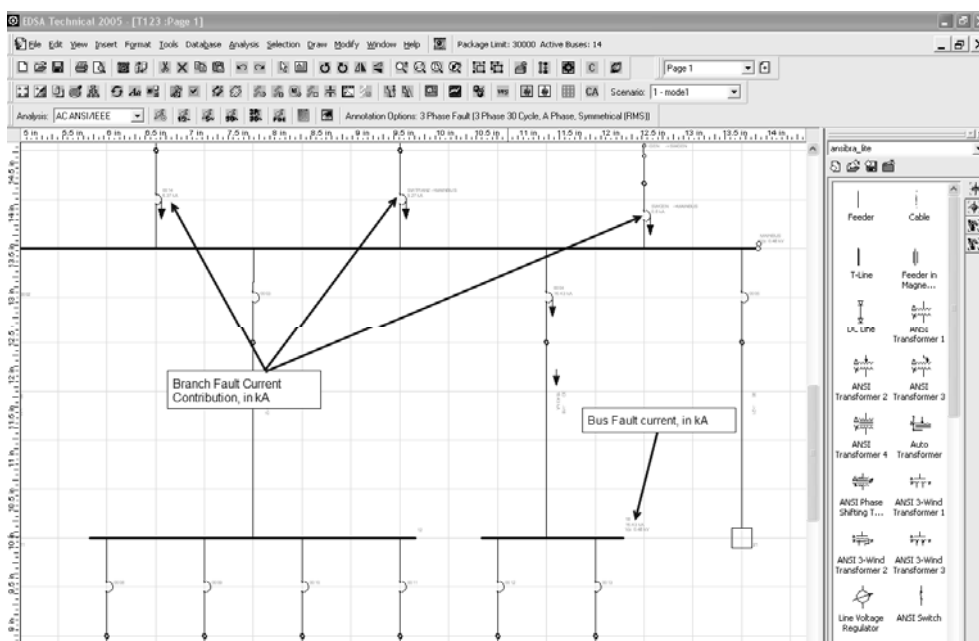


Fig. V.77 Ilustrativă pentru cazul unui scurtcircuit în nodul BUS18 cu afișarea rezultatelor pe schema monofilară

V.12.1.4 Analiza scurtcircuitului trifazat, la 1/2 perioade, în nodul BUS 18

1. Se selectează nodul BUS18, cu ajutorul mouse-ului, în schema monofilară.

2. Se apasă butonul  pentru analiza scurtcircuitului de tip 3P, LL, LG, LLG, la 1/2 perioade.

În schema monofilară apar detalii privind curenții de scurtcircuit și componentele lor așa cum se prezintă în figura V.78.

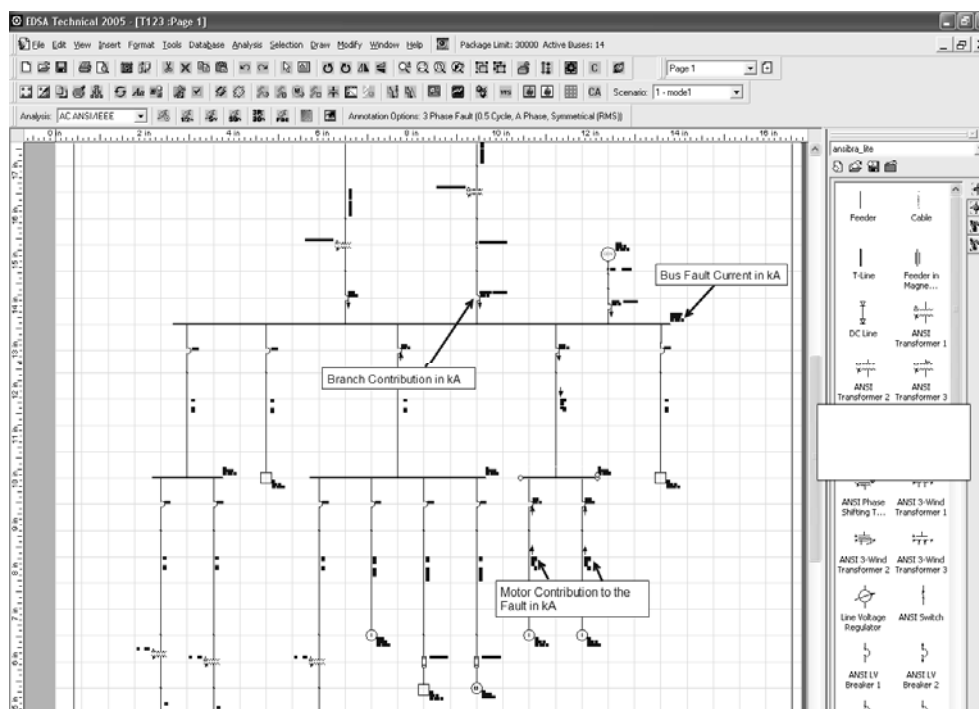


Fig. V.78 Afișarea grafică a rezultatelor la un scurtcircuit trifazat, în prima jumătate de perioadă de la producerea defectului (este luată în considerare contribuția motoarelor apropiate nodului defect)

V.12.1.5 Analiza scurtcircuitului trifazat, la 5 perioade, în nodul BUS 18

1. Se selectează nodul BUS18, cu ajutorul mouse-ului, pe schema monofilară.



2. Se apasă butonul corepunzător analizei la 5 perioade a scurtcircuitului de tip 3P, LL, LG sau LLG. Rezultatele calculelor sunt afișate grafic conform figurii V.79.

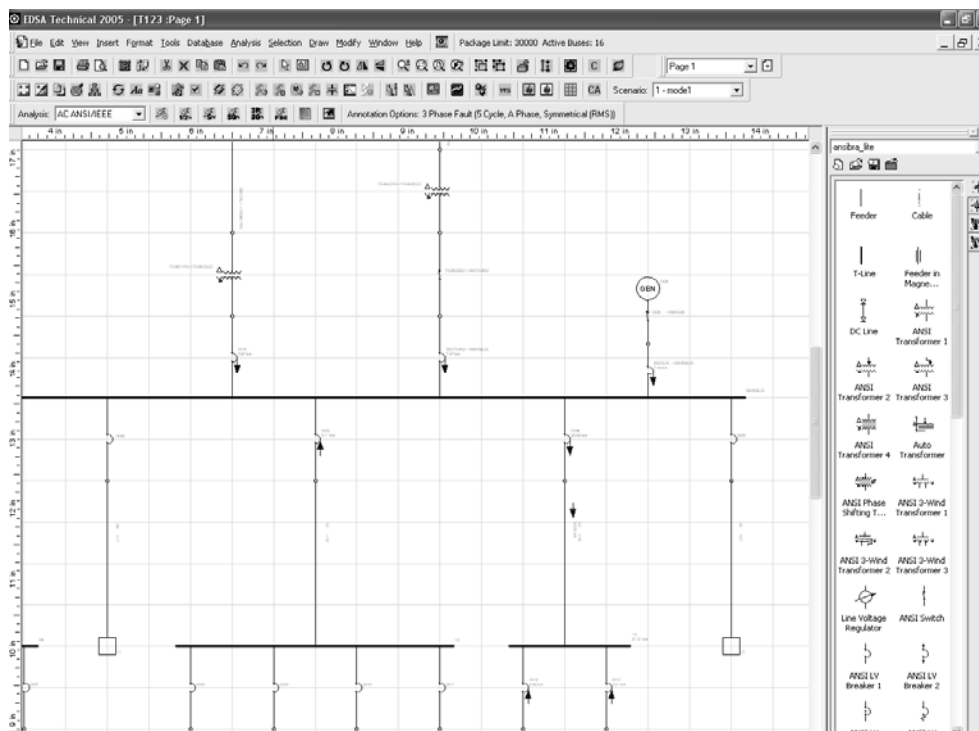


Fig. V.79 Afișarea grafică a rezultatelor la un scurtcircuit trifazat, în primele 5 perioade de la producerea defectului

V.12.1.6 Schimbarea tipului de scurtcircuit afișat grafic: 3P, 1/2 perioade, faza a, defect în nodul BUS18

1. Se selectează nodul BUS18, cu ajutorul mouse-ului, pe schema monofilară (figura V.80).
2. Se apasă butonul . Se calculează curenții de scurtcircuit pentru un defect de tipul 3P, LL, LG și LLG. Prin opțiunea "Annotation" (figura V.81), se alege tipul de defect ale cărui rezultate se vor afișa grafic.

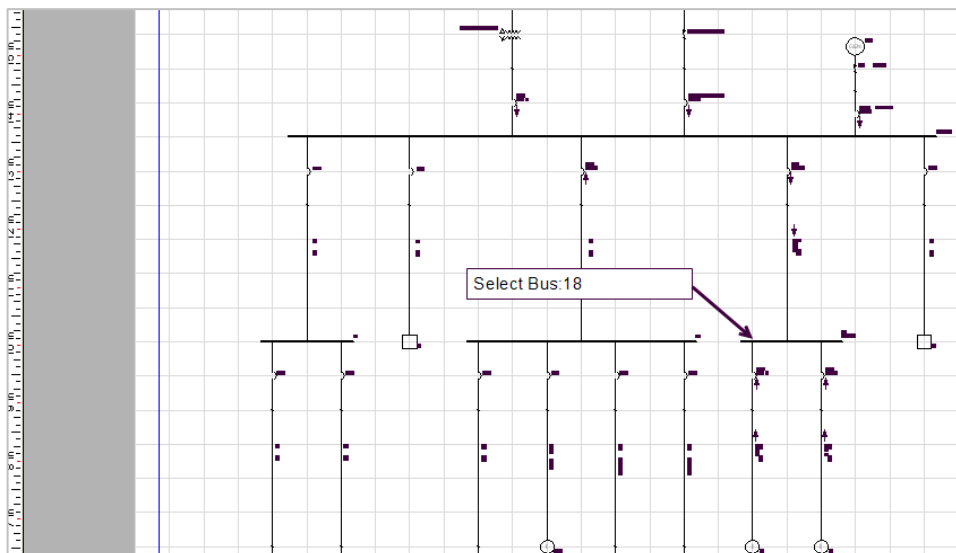


Fig. V.80 Selectarea, pe schema monofilară, a nodului BUS18

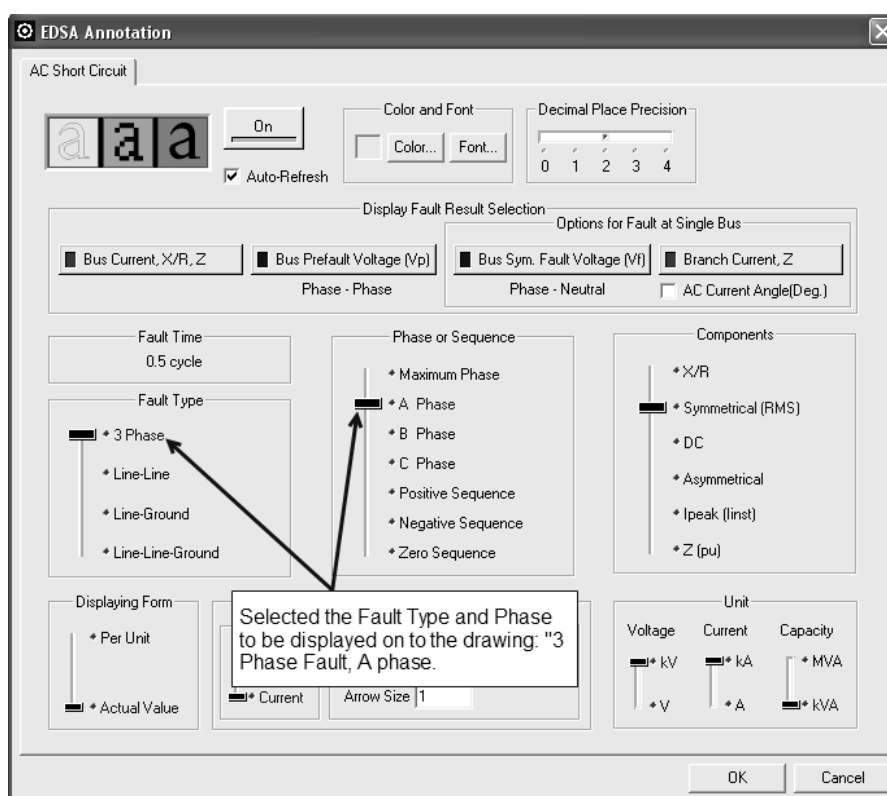


Fig. V.81 Utilizarea menu-lui "Annotation" pentru schimbarea tipului de defect ale cărui rezultate se prezintă grafic pe schema monofilară

V.12.1.7 Schimbarea tipului de scurtcircuit afișat grafic: L-L, faza a, defect în nodul BUS18

Folosind comanda "Back Annotation", se selectează tipul de defect ale cărui rezultate să fie afișate grafic pe schema monofilară (fig. V.82): L-L, faza a, conform figurii V.83.

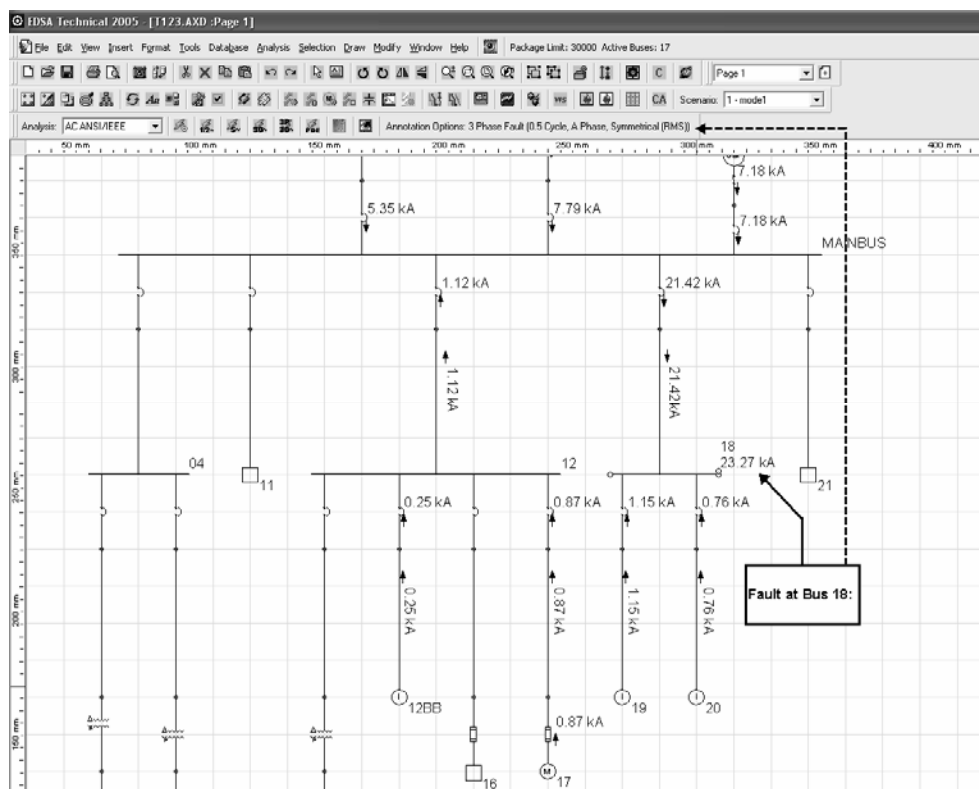


Fig. V.82 Afișarea grafică a rezultatelor scurtcircuitului de tip L-L, faza a, produs în nodul BUS18

Observație: nu se afișează curenții de scurtcircuit; defectul este de tip fază – fază (LL) între fazele b și c; se afișează faza a.

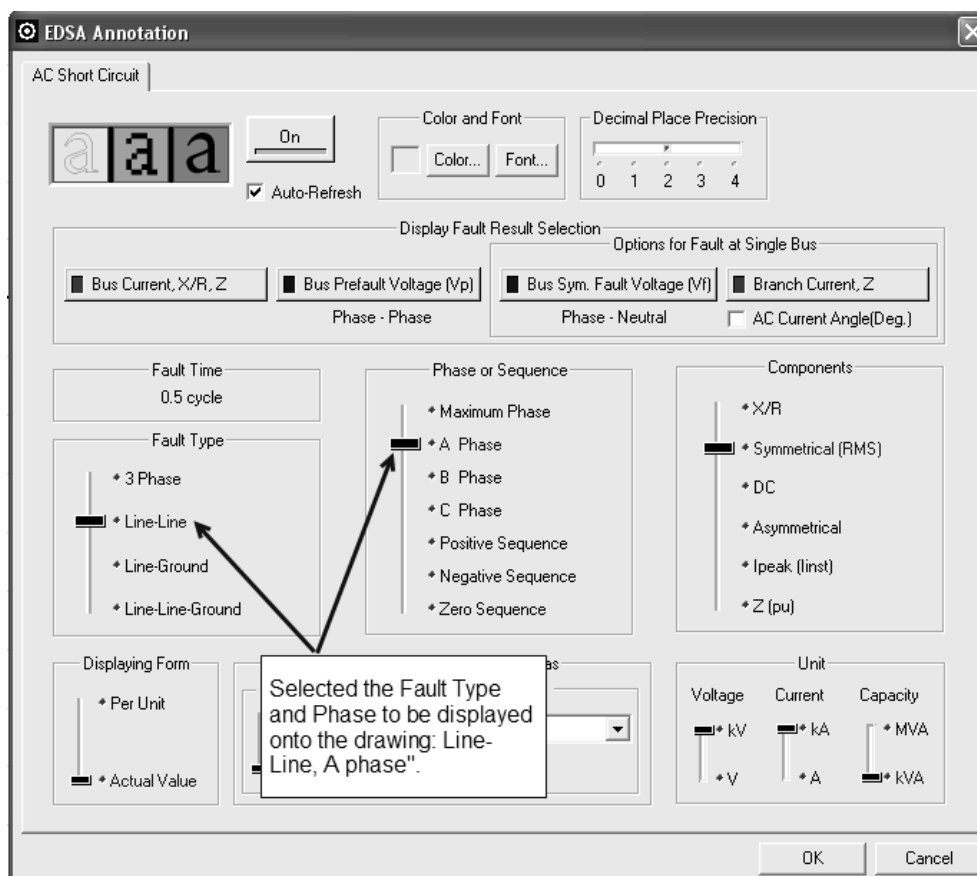


Fig. V.83 Selectarea tipului defect și a fazei pentru afișare grafică

V.12.1.8 Schimbarea tipului de scurtcircuit afișat grafic: L-L, faza b, defect în nodul BUS18

În schema monofilară (fig.V.84) sunt prezentate grafic rezultatele calculelor privind scurtcircuitul de tip bifazat fără punere la pământ (L-L) selectat în fereastra "Annotation" așa cum este prezentat în figura V.85.

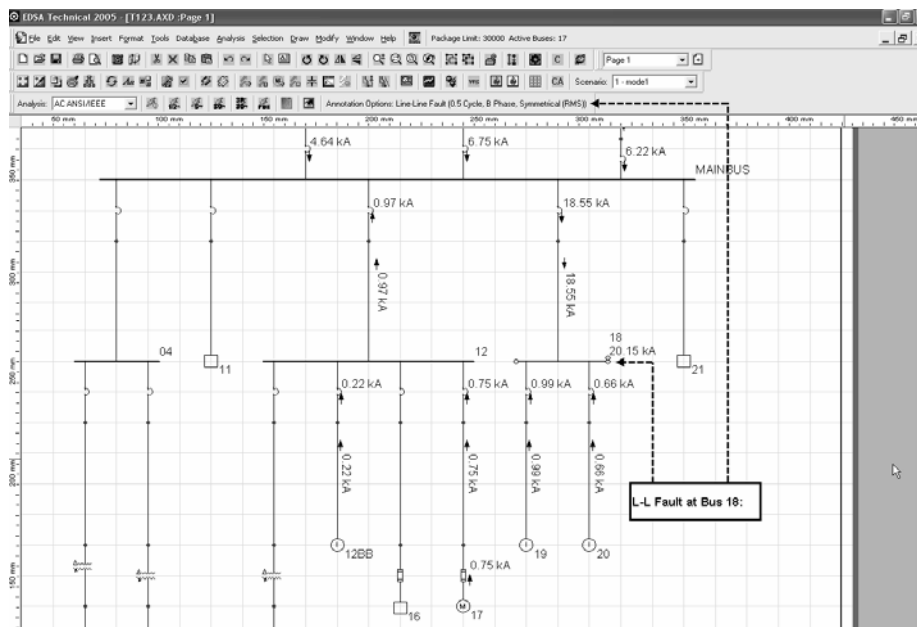


Fig. V.84 Afișarea grafică a rezultatelor defectului de tip L-L, faza b, în nodul BUS18

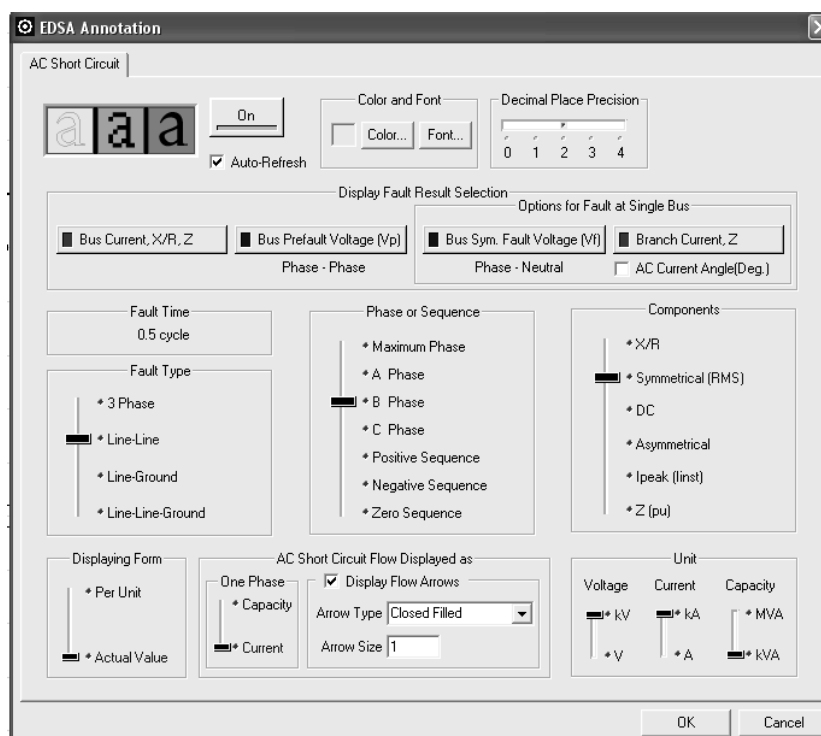


Fig. V.85 Selectarea tipului de defect și a rezultatelor afișate grafic

V.12.1.9 Alegerea componentei curentului de scurtcircuit afișată grafic: defect trifazat (3P), faza a, defect în nodul BUS18

În fereastra "Back Annotation" se alege tipul de defect ale cărui rezultate vor fi afișate grafic, în schema monofilară: scurtcircuit trifazat, faza a, componenta asimetrică (aperiodică) a curentului total de scurtcircuit, așa cum rezultă din figura V.86.

Rezultatele și schema monofilară corespunzătoare sunt afișate în figura V.87.

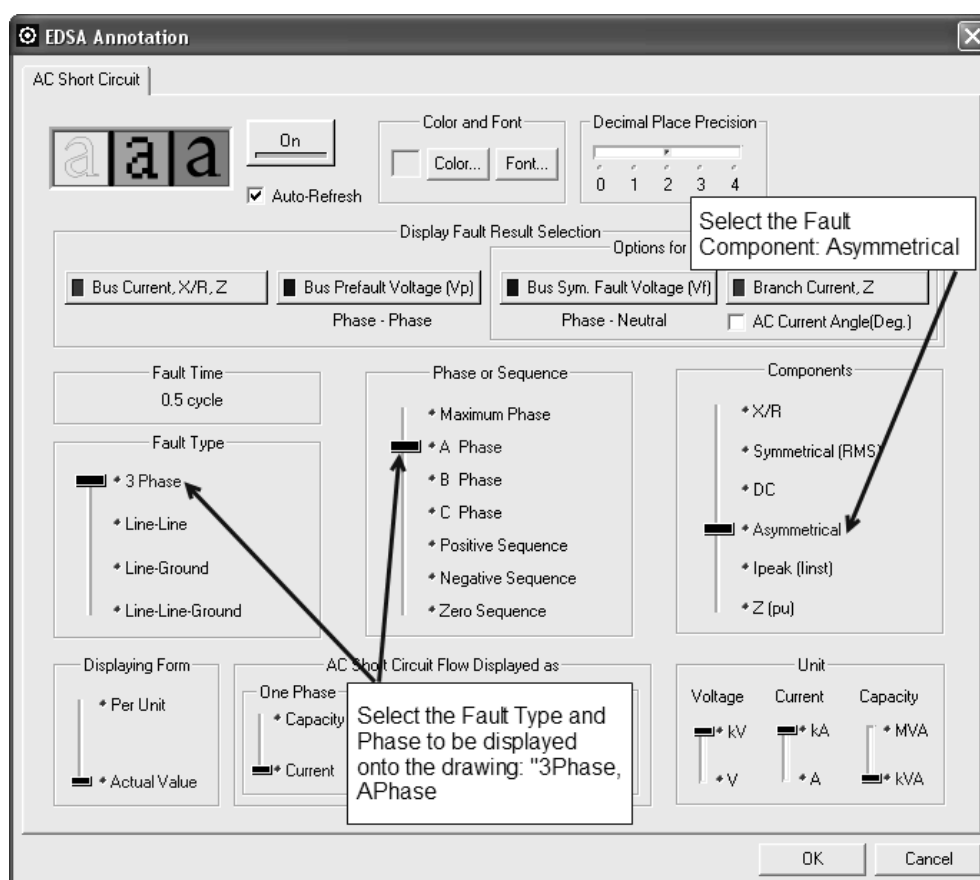


Fig. V.86 Alegerea tipului de defect, a fazei și a componentei curentului de scurtcircuit pentru afișare grafică

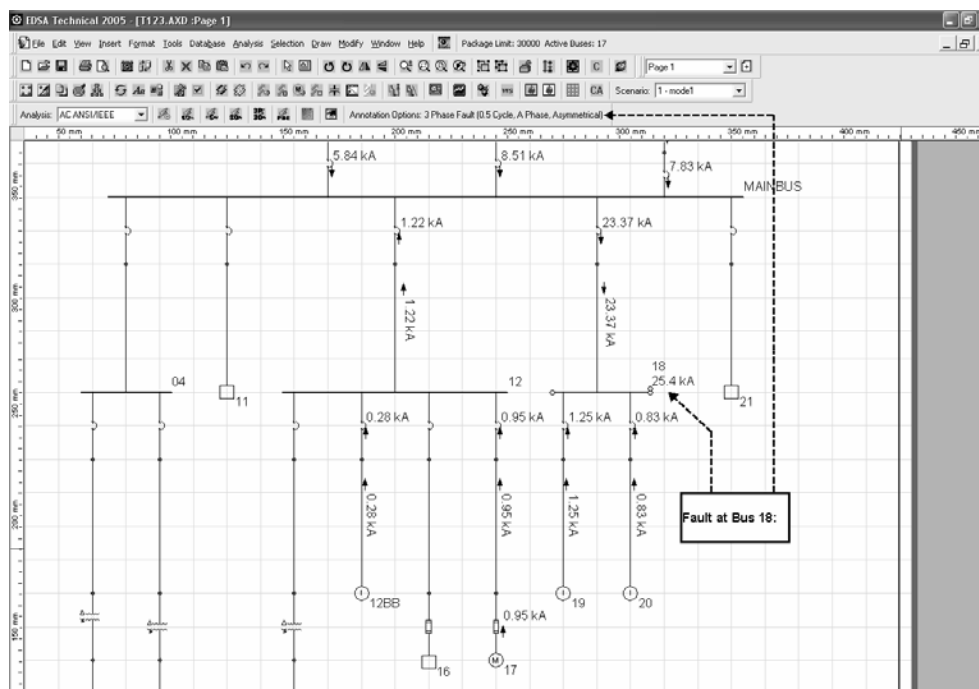


Fig. V.87 Prezentarea grafică a rezultatelor conform opțiunii selectate în menu-ul din figura V.86