MINISTERUL EDUCAȚIEI NAȚIONALE UNIVERSITATEA "VALAHIA" DIN TÂRGOVIȘTE IOSUD – ȘCOALA DOCTORALĂ DE ȘTIINȚE INGINEREȘTI DOMENIUL FUNDAMENTAL *ȘTIINȚE INGINEREȘTI* DOMENIUL *INGINERIE ELECTRICĂ*



Contribuții privind analiza funcționării instalațiilor de joasă tensiune cu siguranță sporită

CONDUCĂTOR ȘTIINȚIFIC,

Prof.univ.dr. ing. Horia Leonard ANDREI

DOCTORAND,

ing. Bogdan BOTEA

TÂRGOVIŞTE 2019

CUPRINS

CAPITOLUL 1	3
ACTUALITATEA, CONTEXTUL ȘI POZIȚIONAREA TEZEI DE DOCTORAT	3
CAPITOLUL 2	5
INSTALAȚII DE JOASĂ TENSIUNE ȘI MICĂ PUTERE	5
CAPITOLUL 3	7
SOLICITĂRI ÎN REȚELELE ELECTRICE DE JOASĂ TENSIUNE	7
CAPITOLUL 4	9
INDICATORI DE CALITATE ÎN INSTALAȚIILE ELECTRICE DE JOASĂ	
TENSIUNE	9
CAPITOLUL 5	1
DEFECTE INTALNITE LA CONSUMATORI CONECTATI LA RETEAUA DE JT-	
STUDIU DE CAZ. CRESTEREA SIGURANTEI DE FUNCTIONARE SI	
IMBUNATATIREA RELATIEI CONSUMATOR-FURNIZOR1	1
5.1 Gol de tensiune14	4
5.2 Supratensiuni16	6
5.3 Creșterea siguranței în funcționare și noi abordări ale relației	
consumator-furnizor18	8
CAPITOLUL 6	9
MODELAREA, SIMULAREA ȘI ANALIZA PERTURBAȚIILOR ȘI DEFECTELOR	
DIN INSTALAȚIILE DE JT 19	9
6.1 Regimul de scurtcircuit2	0
6.2 Supratensiunile cauzate de o lovitură de trăsnet2	5
6.3 Încărcarea transformatorului28	8
6.4 Încărcarea unei baterii de condensatoare30	0
6.5 Pornirea unui motor de mare putere32	2
6.6 Utilizarea unui cuptor de topire în arc electric	5
6.7 Prezența unei sarcini neliniare monofazate	9
6.8 Prezența unei sarcini neliniare trifazate42	2
CAPITOLUL 7	5
CONCLUZII	5
Direcții de dezvoltare4	7
BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ (din totalul de 103 de lucrări) 49	9

.

CAPITOLUL 1

ACTUALITATEA, CONTEXTUL ȘI POZIȚIONAREA TEZEI DE DOCTORAT

Evoluția sistemelor de producere și implicit de transport și utilizare a energiei electrice a dus la migrarea de la macrorețea de furnizare de energie electrică (sistemul centralizat) la cea a microrețele de furnizare de energie electrică.

Datorită utilizării unor noi surse primare de energie și a unor noi configurații de conversie a acestor energii primare în energie electrică a impus găsirea unor noi clase de receptoare care să poată răspunde dinamismului noilor surse de energie. Acest concept impune o adaptabilitate mărită atât a surselor cât și a receptoarelor.

Preocupările exprimate privind calitatea energiei electrice se pot argumenta prin:

 modificarea în sensul creşterii diversității sistemelor energetice şi a consecințelor bilaterale în ambele sensuri între acestea şi utilizatori, ca de altfel şi între consumatorii conectați la acelaşi sistem de alimentare;

 necesitățile apărute pentru creșterea randamentelor în procesul de producere de transport precum şi folosire a energiei electrice au condus la introducerea, pe scară largă, a electronicii de putere în controlul proceselor de conversie a energiei, precum şi a echipamentelor adaptive necesare controlului factorului de putere;

 echipamentele moderne se dovedesc mai sensibile la diminuarea calității energiei electrice, deoarece au în compoziția lor dispozitive electronice bazate pe microprocesoare, ale căror trăsături de

3

funcționare sunt alterate de neregularități în rețeaua electrică de alimentare;

- consumatorii au devenit mai atenți, conștienți și bine informați, realizând efectele pe care diferite neregularități electromagnetice, care pot fi aleatoare, semipermanente sau permanente le au asupra echipamentelor electronice și electrice precum și asupra proceselor tehnologice (și desigur influența calității produsului finit) și în consecință, cer furnizorilor ca energia electrică oferită să fie la parametrii de calitate contractați.

CAPITOLUL 2

INSTALAȚII DE JOASĂ TENSIUNE ȘI MICĂ PUTERE

Energia electrică, după producerea în centralele electrice, pentru a putea fi folosită de către consumatori, se impune să fie transportată pe distanțe mari, prin intermediul rețelelor electrice de transport, și mai apoi distribuită, în cadrul zonelor urbane, rurale sau industriale.

Din punct de vedere constructiv și având în vedere puterea tranzitată prin rețeaua electrică de distribuție precum și distanța necesară pentru a putea fi livrată la consumator, aceste rețele se împart în clase de tensiuni. Dintre aceste clase, rețelele electrice de distribuție de medie tensiune, au menirea de a furniza energie electrică posturilor de transformare, iar în situația unor mari consumatori industriali asigură furnizarea energiei electrice unor consumatori de medie tensiune.

Receptoarele electrice pot fi definite ca aparate electrice care transformă energia electrică într-o altă forma de energie, exemplu: becurile transformă energia electrică în energie luminoasă.

Pentru consumatorii de energie electrică cu tensiunea nominală care se încadrează în intervalul ce definește clasa rețelelor de JT, se impune ca alimentarea acestor receptori să se asigure prin intermediul rețelelor electrice de JT.

În situația rețelelor electrice de joasă tensiune întâlnim consumatorii de JT majoritari, iar receptorii de joasă tensiune incluși în acestea, cum ar fi sistemele de iluminat.

Caracteristica principală a unei rețele electrice de joasă tensiune este reprezentată de legătura electrică fără intermediari cu un număr mare

5

de consumatori în principal, și cu un număr destul de ridicat de receptori în secundar.

Structura unei rețele electrice de joasă tensiune este alcătuită din rețeaua electrică de distribuție de joasă tensiune (RED-JT), pentru furnizarea energiei electrice consumatorilor și rețeaua electrică de la nivelul consumatorului, compusă la rândul ei din rețeaua electrică de furnizare a energiei electrice la consumator de joasă tensiune (REDC-JT) și rețeaua electrică pentru furnizarea energiei electrice receptorilor (REAR-JT).

Principala trăsătură a unei rețele electrice care furnizează energie beneficiarilor o reprezintă racordul electric, iar inclus în acesta, punctul comun de conectare, care în ce privește exploatarea rețelei separă responsabilitățile furnizorului, de cele ale consumatorului, casnic sau industrial. Delimitarea strictă se consideră la bornele de ieșire din contorul de energie electrică. Până la bornele de ieșire ale contorului de energie electrică, furnizorul are obligația de a întreține în bune condiții rețeaua de distribuție și asigurarea la bornele a indicilor de calitate privind furnizarea de energie electrică.

Rețelele electrice de distribuție de JT ale furnizorului, trebuie să garanteze furnizarea cu energie electrică la punctul comun de conectare, iar rețeaua electrică de distribuție a beneficiarului la bornele receptorilor, în conformitate cu indicatorii de calitate prevăzuți prin contract.

Principali indicatori de calitate ai unei rețele de joasa tensiune se pot considera tensiunea, frecvența, simetria tensiunilor, puterea cerută și continuitatea în alimentare.

Întrucât rețeaua electrică de joasă tensiune reprezintă ultima verigă a unui sistem electroenergetic, în directă legătură cu consumatorii, necesitatea asigurării continuității în alimentare a acestora este dominată.

6

CAPITOLUL 3

SOLICITĂRI ÎN REȚELELE ELECTRICE DE JOASĂ TENSIUNE

O rețea electrică, cum ar fi cea de joasă tensiune (JT), are rolul de a transporta energie electrică între generatoare și receptoare, în condiții specificate de calitate.

Putem spune că o rețea electrică este un sistem de furnizare de energie electrică format din conductoare electrice, la care adăugăm și alte materiale necesare distribuirii cum ar fi puncte de conexiuni, tablouri electrice, aparate de conectare, supraveghere și protecție.

Având în vedere valorile parametrilor energiei electrice ce străbat rețelele electrice de JT și de valorile parametrilor electrici ai elementelor rețelei electrice de JT aceasta din urmă se poate afla în diferite regimuri.

Din alt punct de vedere, în exploatarea unei rețele electrice de JT se are în atenție:

- menţinerea solicitării elementelor componente ale reţelei electrice în limitele acceptate;
- asigurarea caracteristicilor de calitate ai energiei electrice pentru consumatori;
- rentabilitatea rețelei în întregul ei;

În consecință regimul de funcționare uzual al unei rețele electrice de JT este cel în care sunt asigurate cerințele menționate în paragraful anterior iar acest regim rezultat se definește ca regim normal.

O extensie a regimului normal este cel de suprasarcină, în această situație anumiți parametri depășesc valorile admise pentru regimul normal iar ca efect, acceptarea lor este restrânsă pentru anumite ferestre de timp, în această extensie a regimului normal putem introduce regimul nesimetric și deformant.

În cazul modificării abrupte a parametrilor RE-JT [1] (distrugerea izolației, între faze sau între faze și pământ), ceea ce este egal deseori cu o scurtcircuit, mărimile electrice ale energiei tranzitate vor căpăta valori care difer de cele de regim normal, solicitările elementelor rețelei electrice devin și ele ridicate și drept urmare, se impune limitarea sau evitarea acestor efecte prin suspendarea alimentarii circuitului electric respectiv. Operațiunea de acest tip se face în mod automat de aparatele de protecție special proiectate pentru acest scop.

Rețeaua electrică privită ca suport fizic al căii de curent ca de altfel și celelalte elemente materiale ale sale conțin anumiți parametri electrici de stare, care se utilizează în schema electrică echivalentăcuadripol, iar aceste elemente fizice sunt tranzitate de energia electrică care deține anumite valori ale mărimilor electrice (curent, factor de putere, tensiune etc.).

Asupra elementelor componente ce formează rețeaua electrică de joasă tensiune, mărimile electrice ale energiei ce le parcurg, conduc la anumite solicitări întrucât, conform legii lui Ohm, dacă se aplică o tensiune U unui circuit de impedanță Z, rezultă un curent I, care va conduce la stabilirea pentru o anumită rețea de o anumită clasă de tensiune, în funcție de valoarea determinată a curentului, la solicitări datorate efectului Joule precum și datorate forțelor electromagnetice.

CAPITOLUL 4

INDICATORI DE CALITATE ÎN INSTALAȚIILE ELECTRICE DE JOASĂ TENSIUNE

Calitatea, conform definiției Organizației Internaționale de Standardizare, reprezintă "totalitatea caracteristicilor și a particularităților unui produs sau serviciu, care caracterizează însușirea de a satisface necesitățile potențiale sau exprimate ale utilizatorului". Calitatea energiei electrice poate fi definită în mai multe moduri, motiv pentru care a fost nevoie de definirea clară și concisă a noțiunii de calitate a energiei electrice și de standardizarea parametrilor care intervin în definirea acestei noțiuni.

Standardul IEEE 1100 [2] oferă o îngustare a definiției pentru calitatea energiei electrice prin aceea că ea se referă doar la performanțele echipamentului.

IEC utilizează în standardul 61000-4-30 [3] termenul de compatibilitate electromagnetică, înlocuind termenul de "calitate a energiei electrice", ca fiind "trăsăturile energiei electrice într-un anumit punct al unui sistem electric, determinate în raport cu un set de caracteristici tehnice de referință" care face referire la posibilitatea măsurării și cuantificării performanțelor unui sistem de alimentare. În același sens, se poate spune despre calitatea energiei electrice că se referă la calitatea tensiunii și la calitatea curentului, iar orice abatere a curentului sau tensiunii de la forma ideală este o neregularitate de calitate a energiei electrice.

The Council of European Energy Regulators folosește expresia de calitatea serviciului în furnizarea electricității care se referă la trei aspecte:

9

- Calitatea tensiunii, care descrie abaterile tranzitorii, de frecvenţă, amplitudine şi armonicele;
- Calitatea comercială, care descrie legătura dintre furnizor şi consumator;
- Continuitatea furnizării, care descrie întreruperile lungi şi scurte.
 Asigurarea calității energiei electrice este conexată de

furnizarea fără întrerupere a unei tensiuni sinusoidale cu amplitudinea şi frecvenţa menţinute între anumite toleranţe stabilite prin standarde bine definite [4].

Pentru acest obiectiv se folosesc indicatori de calitate care permit măsurarea și evaluarea nivelului de calitate în anumite puncte ale unei rețele de alimentare la un anumit moment dat. Dacă în trecut calitatea alimentării rezulta doar în furnizarea energiei electrice în mod continuu, în zilele noastre, datorită faptelor prezentate mai sus, cerințele clienților privind calitatea sunt mult mai stricte.

CAPITOLUL 5

DEFECTE INTALNITE LA CONSUMATORI CONECTATI LA RETEAUA DE JT-STUDIU DE CAZ. CRESTEREA SIGURANTEI DE FUNCTIONARE SI IMBUNATATIREA RELATIEI CONSUMATOR-FURNIZOR

În urma documentării la unul dintre cei mai importanți producători de componente electrice din Județul Prahova, Romania și anume societatea comercială S.C. T.C. Măsurare și Control SRL cu sediul în Municipiul Câmpina, ce produce termoelemente, cabluri electrice cu destinații speciale, senzori electrici, inclusiv pentru industria de aviație, s-au constat doua tipuri de defecte care vor fi prezentate mai jos.

În perioada analizată societatea comercială T.C. Măsurare și Control SRL își desfășura activitatea în cartierul "Turnatorie" din Câmpina, alimentarea cu energie electrică făcându-se de la transformatorul "PTS 165 Turnatorie" așa cum este ilustrată în schema electrică din Fig.5.1. Pentru această societate echipamentele, puterea lor nominală și puterea instalată totală sunt prezentate în Tabelul 5.1.

Figura 5.1



Lista echipamentelor consumatoare de energie electrică din cadrul societății comerciale T.C. Măsurare&Control S.R.L.

N	Utilaje instalate T.C.		Puterea	Puterea	
INF.	Masurare&Control	Buc.	Consumată	Consumată kW	Obs.
Crt.	S.R.L.		kW	total	
1.	Compresor cu şurub	1	11	11	
2.	Compresor cu piston	1	5,5	5,5	
3.	Strung	1	1,5	1,5	
4.	Mașină laser debitare	1	20	20	
5.	Mașină laser gravare	3	6,5	19,5	
6.	Mașină laser sudură	2	0,7	1,4	
7.	BLW Welding	8	2	16	
8.	Aparat sudura Microplasmă	2	5,5	11	
9.	Polizor de banc	6	0,4	2,4	
10.	Aparat sudură	2	2,3	4,6	
11.	CNC	2	1,5	3	
12.	Mașină de îngustat	1	2,2	2,2	
13.	Polizor cu bandă	2	2,2	4,4	
14.	Polizor cu bandă	1	4	4	
15.	Aparat sudură	2	6	12	
16.	Presă hidraulică	2	7,5	15	
17.	Mașină debitat	1	5,87	5,87	
18.	Robot Citizen	1	15	15	
19.	Robot Citizen	1	7	7	
20.	Alimentator cu	1	2	2	
	pretabricate				
21.	Alimentator cu prefabricate	1	1,5	1,5	
22.	Pompă înaltă presiune	1	8,7	8,7	
23.	Cuptor uscare	1	2	2	
24.	Hotă vapori ulei	1	0,55	0,55	
25.	Calculatoare	25	0,2	5	
26.	Aparat aer condiționat	10	1,25	12,5	

Tabelul 5.1

5.1 Gol de tensiune

În cursul lunii ianuarie a anului 2017, ziua 10, s-au înregistrat goluri de tensiune, așa cum au fost prezentate în capitolul 4. În urma analizei acestui defect, s-au determinat doi dintre parametrii caracteristici ai unui gol de tensiune. Astfel conform relației durata golului de tensiune a fost

$$\begin{split} \Delta t_g &= t_f - t_i[s] \\ \Delta t_g &= 11h45min20sec - 11h42min10sec = 190[s] \end{split} \tag{5.1}$$

ceea ce definește acest defect ca fiind un gol de tensiune temporar. Din datele preluate de la societatea comercială T.C. Măsurare&Control S.R.L. se poate calcula frecvența de apariție a golurilor:

$$f_a = \frac{N_g}{T_r}$$

$$f_a = \frac{4}{744h} = 0,0053$$
(5.2)

valoare care indică o rată ridicată de apariție a acestui defect. Celălalt indicator amplitudinea golului nu poate fi calculat deoarece nu se cunoaște tensiunea reziduală de fază *Uf*, lipsind sistemul de măsurare a calității energiei electrice, ce poate fi instalat chiar în punctul de transformare.

La transformatorul prezentat în Fig.5.1 PTS 165 Turnătorie pe lângă societatea comercială sunt conectați consumatori casnici din cartierul "Turnătorie" a căror sursă de încălzire sunt aparatele electrice de tip calorifer cu ulei sau radiatoare electrice. Din datele existente pe site-ul ANM în ziua și la ora la care s-a produs golul de tensiune temperatura a scăzut la -9⁰ Celsius, ceea ce a condus la un consum excesiv al surselor de încălzire electrocasnice și la întreruperea în furnizarea cu energie electrică de la transformatorul care oricum este subdimensionat. Considerând un factor de putere impus rețelei de 0.91 puterea activă maximă la ieșirea transformatorului este $P_{max} = S_{max} \cos \varphi = 222.75kW$

14

În condițiile în care societatea comercială utilizează puterea instalată totală de 193.62 kW, atunci ar fi suficient să fie folosite de consumatori 40 de calorifere electrice cu ulei de 1kW care să conducă la depășirea puterii instalate a transformatorului.

Din datele colectate de la societatea comercială se prezintă în graficele din Fig.5.2 și din Fig.5.3 consumul de energie electrică activă și reactivă în intervalul 2016 – 2018. În luna Ianuarie 2017 se observă o diminuare a consumului ca urmare a înregistrării unui "gol de tensiune" față de aceiași lună a anului 2018. Anul 2016 prezintă un consum mai mic și datorită faptului că la acea data roboții industriali nu erau operaționali.



Fig. 5.2 Consumul de energie electrică activă în intervalul 2016 – 2018



Fig. 5.3 Consumul de energie electrică reactivă în intervalul 2016 - 2018

5.2 Supratensiuni

În cursul lunii iulie anul 2017 s-a înregistrat un defect în furnizarea cu energie ce a prezentat caracteristicile unei supratensiuni așa cum a fost descrisă teoretic în capitolul 4.

Putem estima o valoare a amplitudinii de 1,2 – 3 ori mai mare decât valoarea de vârf a tensiunii de serviciu pe fază.

Costurile pierderilor economice datorate golului de tensiune descris mai sus este de 1000 Euro la unitatea de producție de senzori și 6000 Euro la unitatea de producție de cabluri speciale.

La unitatea de producție de senzori, datorită dotării unității de producție cu mașini prelucrătoare prin așchiere cu comandă numerică, suma de 1000 de euro poate crește dacă roboții rămași fără alimentare distrug sculele atașate, o scula pentru aceștia având ca preț de pornire de câteva zeci de euro și poate urca până la câteva sute.

Costul pierderilor economice datorate supratensiunii este de 10000 Euro la unitatea de producție de senzori care a inclus costul celor două servere defecte și al unității UPS plus întârzierile în producție cauzate de oprire mașinilor prelucrătoare prin așchiere cu comandă numerică timp de câteva ore până ce echipa de intervenție IT a reușit repornirea unui server și a refăcut după back-up celălalt server.

În graficul din Fig. 5.4 s-au reprezentat pierderile economice suportate și costurile de producție ale firmei in lunile ianuarie si aprilie 2017. După cum se observă costurile de producție cresc proportional cu valoarea pagubelor înregistrate.



Fig. 5.4 Costuri de productie și pierderi datorate defectelor din sistemul electroenergetic

În ianuarie s-au înregistrat pierderi în valoare de 4,55% iar în iulie pierderile s-au situat în jurul valorii de 4,26%, într-o economie de piață bazată pe o concurență acerbă în domeniu, aceste valori por reprezenta profitul net într-o lună de activitate lucrativă.

5.3 Creșterea siguranței în funcționare și noi abordări ale relației consumator-furnizor

În situația în care consumatorilor li se defectează echipamentele din cauza supratensiunilor accidentale, acestora li se acordă compensații conform precizărilor din Regulamentul de furnizare a energiei electrice, aprobat prin Ordinul ANRE nr. 64/2014 [5].

În cazul consumatorilor noncasnici despăgubirile precum și condițiile de acordare sunt incluse în contractul de furnizare cu energie electrică, dar procedurile sunt greoaie și de cele mai multe ori utilizatorii noncasnici renunță la a mai încerca să obțină despăgubiri.

Această abordare a relației consumator-furnizor de energie electrică va conduce pe de-o parte la o mai mare responsabilitate din partea furnizorilor de energie electrică pentru a asigura parametrii de calitate ai energiei electrice și, pe de altă parte, la măsuri sporite de monitorizare online a parametrilor energiei electrice în punctele de conectare ale consumatorilor. Aceste înregistrări vor constitui probe concludente ale oricărui conflict în relația consumator-furnizor de energie electrică și vor contribui la creșterea siguranței în funcționarea instalațiilor de JT.

CAPITOLUL 6

MODELAREA, SIMULAREA ȘI ANALIZA PERTURBAȚIILOR ȘI DEFECTELOR DIN INSTALAȚIILE DE JT

În acest capitol sunt prezentate modelele de simulare pentru fenomenele ce afectează calitatea energiei electrice discutate în capitolele anterioare. În prezent există un număr mare de instrumente pentru simularea sistemelor de furnizare a energiei electrice. Dintre acestea, cele mai folosite medii de simulare în mediul academic sunt următoarele: versiunea ATP a simulatorului EMTP (Electromagnetic Transients Program) [7-11], simulatorul PSCAD (Power Systems CAD) cu EMTDC (Electromagnetic Transients including DC) [12-16], MATLAB cu modulele Power System Toolbox [17–21] și Power System Analysis Toolbox [22–29], precum și Simulink cu modulele SimPowerSystems [30–42] și Power Analysis Toolbox [43–45]. Articolul [46–49] prezintă o descriere completă a avantajelor oferite de fiecare simulator.

În continuare se vor simula circuite în mediul MATLAB/Simulink cu modulul SimPowerSystems. Aceste circuite au la bază circuitul din figura 6.1 și au fost dezvoltate pornind de la schemele prezentate în [33,50,51].



Fig. 6.1 Circuitul de bază folosit la simulări

Circuitul din figura 6.1 conține un modul sursă de tensiune trifazată de 11 kV ce poate furniza 30 MVA la o frecvență de 50 Hz, un modul transformator de 11/0,4 kV cu o putere de până la 1 MVA și un modul sarcină inductivă cu o puterea activă de 10 kW și o putere reactivă de 100 VAR. La simulare se folosește modulul powergui în regim continuu împreună cu solver-ul ode23tb.

6.1 Regimul de scurtcircuit

Pentru simularea regimului de scurtcircuit, se conectează la schema din figura 6.1 două module de simulare a defectelor. Primul astfel de modul poartă denumirea de Fault și permite simularea unui eveniment de scurtcircuit în care unul sau mai multe linii de fază au fost conectate accidental. Al doilea modul, Multistage Fault, permite simularea unui al doilea eveniment de scurtcircuit. Meniurile de configurație ale acestor module sunt prezentate în figura 6.2. La circuit s-au mai adăugat și două magistrale conectate la două module osciloscop, obținându-se circuitul prezentat în figura 6.3. În această secțiune, durata de simulare a fost setată la 0,4 s, iar scurtcircuitul are loc la 0,1 s și durează 0,2 s.

Block Parameters: 11kV30MVA Source Feeder	Block Parameters: Load	Block Parameters: Fault
Three abase units as source is paries with DI branch	Three-Phase Parallel RLC Load (mask) (link)	Three-Phase Fault (mask) (link)
Three-phase voltage source in series with RL branch.	Implements a three-phase parallel RLC load.	Implements a fault (short-circuit) between any phase and the
Parameters Load Flow	Darameters Lond Eleve	ground. When the external switching time mode is selected, a Simulak logical signal is used to control the fault operation
Configuration: Yg •	Configuration V (consider)	Simulink logical signal is used to control the fault operation.
Source	Comparation T (grounded)	Parameters
Specify internal voltages for each phase	Nominal phase-to-phase voltage Vn (Vrms)	Initial status: 0
Phase-to-phase voltage (Vrms):	1000	Fault between:
11e3	Nominal frequency fn (Hz):	Phase A Phase B Phase C Ground
Phase angle of phase A (degrees):	50	Switching times (s): [0.1 0.3] External
0	Specify PQ powers for each phase	Fault resistance Ron (Ohm):
Frequency (Hz):	Active power P (W):	1
50	10e3	Ground resistance Rg (Ohm):
Impedance	Inductive reactive Power QL (positive var):	0.01
☑ Internal ☑ Specify short-circuit level parameters	100	Snubber resistance Rs (Ohm):
3-phase short-circuit level at base voltage(VA):	Capacitive reactive power Qc (negative var):	1e6
30e6	0	Snubber capacitance Cs (F):
Base voltage (Vrms ph-ph):	Measurements None -	inf
11e3		Measurements None *
X/R ratio:		
7		
[]		
OK Cancel Help Apply	OK Cancel Help Apply	OK Cancel Help Apply

Fig. 6.2 Configurarea blocurilor folosite în simulare



Fig. 6.3 Circuitul pentru simularea regimului de scurtcircuit

Rezultatele simulării sunt prezentate în figurile 6.4-6.5. În continuare se va reprezenta cu albastru tensiunea corespunzătoare fazei A, cu roșu cea corespunzătoare fazei B și cu verde cea corespunzătoare fazei C, ce formează un sistem trifazat simetric[99]

$$u_A(t) = 6.35\sqrt{2}\sin(\omega t + \varphi)$$

$$u_B(t) = 6.35\sqrt{2}\sin(\omega t + \varphi - 2\pi/3)$$
(6.1)

$$u_{\mathcal{C}}(t) = 6.35\sqrt{2}\sin(\omega t + \varphi + 2\pi/3)$$

Primul set de rezultatele sunt prezentate în figurile 6.4.a și 6.5.a, simulându-se un scurtcircuit între faza A și nul înainte de transformator, pe magistrala de 11 kV. Aceste rezultate corespund cu configurația din figura 6.2. Se observă că scurtcircuitul simulat a coborât tensiunea efectivă de pe faza A de la 6,35 la 1,47 kV. Acest gol de tensiune afectează la consumator atât faza A (de la 230 V la 116 V) cât și faza C (de la 230 V la 164 V). Efectele asupra fazei B de după transformator (pe magistrala de 0,4 kV) sunt neglijabile.

În următorul experiment (figurile 6.4.b și 6.5.b) se simulează un scurtcircuit între faza A și faza B. Tensiunea efectivă pe liniile de 6,35 kV scade la 4,38 kV pentru faza A și 2,04 kV pentru faza B. La consumator, acest scurtcircuit a dus faza A la 53 V, faza B la 175 V și faza C la 225 V. Se observă și mici oscilații (tensiunea de pe faza C atingând un maxim de 244 V). Aceste oscilații sunt datorate schimbărilor de fază provocate de scurtcircuit.



(e) Serie de scurtcircuite: între faza A şi faza B, apoi între A, B şi nul Fig. 6.4 Valoarea instantanee a tensiunilor de fază înainte şi după transformator în regim de scurtcircuit



Fig. 6.5 Valoarea efectivă a tensiunilor de linie înainte și după transformator în regim de scurtcircuit

Figurile 6.4.c și 6.5.c prezintă efectele unui scurtcircuit între faza A, faza B și nul. Tensiunile de linie la fazele A și B sunt la 1,47 kV înainte să treacă prin transformator. La consumator, toate cele trei faze sunt afectate: A este la 53 V, B are 117 V, iar C este la 164 V. În figurile 6.4.d și 6.5.d avem un scurtcircuit între toate cele trei faze. Înainte de transformator tensiunile ajung la valoarea de 1,47 kV, corespunzând unui gol de tensiune de 53 V după transformator.

La ultimul set de grafice (figurile 6.4.e și 6.5.e) se simulează efectul unor scurtcircuite ce au loc succesiv. Primul eveniment are loc de la 0,1s: un scurtcircuit între faza A și faza B, apoi la 0,2 s începe al doilea eveniment: scurtcircuit între faza A, faza B și nul. La al doilea eveniment, impedanța în buclă de scurtcircuit este scăzută la 0,1 Ω . Tensiunea de linie în timpul primului eveniment este aceeași ca în figurile 6.4.b și 6.5.b. La al doilea eveniment, scăderea impedanței în bucla de scurtcircuit a provocat un gol de tensiune mai semnificativ, adică o tensiune efectivă la consumator de 5,1 V pe faza A și aproximativ 130 V pe fazele B și C.

6.2 Supratensiunile cauzate de o lovitură de trăsnet

Circuitul din figura 6.6.a simulează supratensiunile tranzitorii cauzate de o lovitură de trăsnet în apropierea liniilor de transmisie. Mediul MATLAB/Simulink nu dispune de un model dedicat pentru acest fenomen, astfel este nevoie să se creeze un bloc de simulare. Figura 6.6.b prezintă subcircuitul de simulare a lovituri de trăsnet care formează modelul dorit. În acest sub-circuit, blocul funcție MATLAB conține codul de generare al formei de undă a impulsului electric generat de trăsnet:

 $v(t) = Ae^{-\alpha \cdot |t-t_1| \cdot u}$ (6.2)
function v = functie_trasnet(t,t1,A,u)
alpha=14000;
v = A*exp(-alpha*abs(t-t1))*u;

25

unde A reprezintă magnitudinea impulsului (citită de la variabila *mag*, variabilă controlată din proprietățile modulului, setat la 1 kV în experimentul curent), t1 este timpul de start al impulsului (setat la 0,0125 s), iar alpha reprezintă factorul de amortizare (setat la 14000). Codul de generare a impulsului mai conține și funcțiile MATLAB $\exp(a) = e^a$ (funcția exponențială) și $\operatorname{abs}(a) = \begin{cases} a, & \operatorname{dacă} a \ge 0 \\ -a, & \operatorname{dacă} a < 0 \end{cases}$ (funcția modul).

Blocul de simulare a loviturii de trăsnet este legat la circuit printr-o conexiune de 10 Ω și 1 μ H. Valoarea impendanței controlează distanța simulată dintre poziția unde a lovit trăsnetul și rețeau electrică. Această distanță influențează la rândul ei amplitudinea supratensiunii tranzitorii introduse în circuit (cu cât valoarea impedanței este mai mică, cu atât trăsnetul a lovit mai aproape de rețeua simulată).

Figura 6.7 prezintă efectul loviturii de trăsnet simulate cu parametrii de mai sus. Impulsul de 1 kV a afectat toate cele trei faze, perturbația de la 0,0125 s fiind clar vizibilă în grafic.



a) Circuitul principal



Fig. 6.6 Circuitul realizat pentru simularea loviturii de trăsnet





Amplitudinea supratensiunii provocată de trăsnet putea provoca defectarea echipamentelor consumatorului considerat in capitolul 5 – S.C. T.C. Masurare&Control S.R.L., mai ales a celor IT acestea fiind cele mai sensibile la supratensiunile cauzate de descărcările electrice atmosferice. Efectul supratensiunii simulate se aseamănă cu cel înregistrat la consumator iar din discuțiile cu factorii de decizie din cadrul societății precum si din consultarea bazelor de date din cadrul Administrației Naționale de Meteorologie a rezultat că în perioada înregistrării avariei nu s-au semnalat

fenomene meteo de tipul prezentat mai sus și anume descărcări electrice atmosferice.

6.3 Încărcarea transformatorului

Circuitul din figura 6.8 simulează influența șocului de curent produs la încărcarea transformatorului de saturația miezului magnetic. Blocul de comutație este deschis în secunda 0 și se închide la 0,06 s, simulând golul de tensiune cauzat de încărcarea transformatorului.



Fig. 6.8 Circuitul realizat pentru simularea încărcării transformatorului

În figura 6.9 prezintă golurile de tensiune cauzate de încărcarea transformatorului din figura 6.8. Timpul de simulare a fost setat la 0,8 s pentru a păstra vizibilitatea formelor de undă din figura 6.9.a. Tensiunile celor trei faze A,B,C ce au fost reprezentate cu albastru, roșu și respectiv verde, formează un sistem trifazat simetric

$$u_A(t) = 11\sqrt{2}\sin(\omega t + \varphi)$$
$$u_B(t) = 11\sqrt{2}\sin(\omega t + \varphi - 2\pi/3)$$
(6.3)

$$u_C(t) = 11\sqrt{2}\sin(\omega t + \varphi + 2\pi/3)$$

Pentru circuitul dat, tensiunile de linie ajung la valorile nominale după aproximativ 4s. Se observă și că cele trei faze sunt afectate diferit de încărcarea transformatorului, golul cel mai mare observându-se la faza A.



(b) Tensiune efectivă

Fig. 6.9. Efectul încărcării transformatorului asupra tensiunii de linie



Fig. 6.10 Analiza armonică a distorsiunilor introduse de încărcarea

transformatorului

În continuare, modulul Powergui este folosit pentru a vizualiza armonica semnalului de pe faza A pe durata încărcării transformatorului. Analiza armonică a unei funcții periodice nesinusoidale de variabilă reală timp (t) care îndeplinește în intervalul de o perioadă T condițiile lui Dirichlet se reprezintă prin dezvoltarea în serie Fourier a funcției. Astfel funcțiile nesinusoidale tensiune u(t) și curent i(t) au dezvoltările în serie Fourier următoare

$$u(t) = U_0 + \sum_{k=1}^{n} U_k \sqrt{2} \sin(k\omega t + \alpha_k)$$
(6.4)

$$\dot{u}(t) = I_0 + \sum_{k=1}^{n} I_k \sqrt{2} \sin(k\omega t + \beta_k)$$
(6.5)

unde s-au notat cu: U_0 , I_0 componentele de curent continuu ale tensiunii respectiv curentului, U_k , I_k valorile efective ale armonicelor de ordinul *k* ale tensiunii respectiv curentului și cu α_k , β_k fazele inițiale ale armonicelor de ordinul *k* ale tensiunii respectiv curentului.

Armonicele pentru perioada de simulare 0,2 - 0,4 s sunt prezentat în figura 6.10 (împreună cu configurația modulului Powergui). În această figură se pot observa armonici înalte de ordinul 2, 6, 18 și 24, perturbații tipice la încărcarea unui transformator.

6.4 Încărcarea unei baterii de condensatoare

Perturbările în tensiune introduse de încărcarea unei baterii de condensatoare sunt simulate cu ajutorul circuitului din figura 6.11. Fiecare baterie de condensatori este conectată la magistrală printr-un bloc întrerupător în trei faze. Banca conectată înaintea transformatorului are o capacitate de 100 kVAR, iar cea după transformator este de 40 kVAR. Acestea pot compensa pentru un factor de putere de până la 0,857 la o sarcină inductivă de 100 kVAR.

Timpul de simulare este setat la 0,1s, iar ambele seturi de condensatoare (înainte și după transformator) încep încărcarea la 0,023s prin comutarea stării întrerupătoarelor corespunzători lor. Rezultatele acestui experiment sunt afișate în figura 6.12. Se observă apariția unor fluctuații de tensiune pe o durată de 0,03s (viteza de atenuare fiind controlată de sarcina curentă). La consumator, această perturbație a dus la apariția unor impulsuri, tensiunea instantanee ajungând la un maxim de 540 V.

Fig. 6.11 Circuitul realizat pentru simularea încărcării unei baterii de condensatoare





6.5 Pornirea unui motor de mare putere

Figura 6.13 prezintă circuitul folosit la simularea pornirii unui motor de mare putere. Se folosește și un bloc de întrerupere pentru a conecta motorul la circuit. Timpul de simulare este setat la 0,4 s, alimentarea motorului începând la 0,1 s. La această simulare se folosesc inițial un motor de 75 kW, apoi experimentul este repetat pentru unul de 100 kW. Viteza motoarelor este setată la un radian pe secundă.



Fig. 6.13 Circuitul realizat pentru simularea pornirii unui motor de mare putere

Efectul pornirii motoarelor de 75/100 kW asupra tensiunii de linie este prezentat în figurile 6.14 și 6.15. Dacă motorul este de putere mare, așa cum este cazul acestei simulări, atunci curenții de pornire pot fi mult mai mari decât valorile suportate de rețeaua de alimentare. În regimul tranzitoriu de pornire curentul la pornire (I_p) față de curentul nominal de fază (I_N) al motorului are valorile [100]

$$I_p = (5 \div 8)I_N \tag{6.6}$$

Golul de tensiune provocat de pornirea motorului s-a propagat prin transformator, acesta fiind vizibil și pe magistrala de 11 kV, însă efectele asupra acesteia sunt neglijabile. Pentru motorul de 75 kW, tensiunea efectivă pe această magistrală coboară la un minim de aproximativ 6240 V (faza C) de la valoarea nominală de 6350 V. Iar la motorul de 100 kW, tensiunea efectivă coboară la un minim de 6190 V. Magnitudinea golului de tensiune este determinată de puterea nominală a motorului. Un motor de o putere nominală mai redusă. Acest aspect este reflectat și în graficele din figurile 6.14 și 6.15. Pornirea motorului de 75 kW a făcut ca tensiunea efectivă la consumator să ajungă la valoarea minimă de 208 V de la valoarea nominală de 230 V. Pornirea motorului de 100 kW a produs apariția unui minim al tensiunii efective de 202 V.



Fig. 6.14 Valoarea instantanee a tensiunii de fază înainte și după



transformator la pornirea unui motor de mare putere

(b) Motor de 100kW

Fig. 6.15 Valoarea efectivă a tensiunii de fază înainte și după transformator

la pornirea unui motor de mare putere

6.6 Utilizarea unui cuptor de topire în arc electric

Mediul MATLAB/Simulink nu prezintă în modulele de bază un model de simulare pentru un cuptor de topire în arc electric. Modelul trebuie realizat separat folosind blocurile de bază din librăria Simulink. În continuare se va implementa modelul de simulare propus în [33], model care are la bază schemele din [54-62]. Arcul electric este modelat de următoarele relatii:

$$U(i) = \begin{cases} U_{at} + \frac{C}{D+i}, di/dt \ge 0, i > 0, \\ U_{at} (1 - e^{-i/I_0}), di/dt < 0, i > 0. \end{cases}$$
(6.7)

unde: U și i sunt tensiunea și curentul arcului electric, U_{at} este magnitudinea pragului de tensiune la care se apropie tensiunea ca creșteri curente, I_o este constanat de timp a curentului în kA, iar constantele C și D corespund puterii respectiv curentului arcului electric. Valoarea tensiunii U_{at} depinde de lungimea arcului electric.

Circuitul corespunzător este prezentat în figura 6.16.a, iar subcircuitul ce formează modulul cuptor de topire în arc electric este prezentat în figura 6.16.b.







(b) Sub-circuitul corespunzător cuptorului

Fig. 6.16 Circuitul realizat pentru simularea unui cuptor de topire în arc electric

Sub-circuitul din figura 6.16.b conține trei surse controlate de tensiune (una pentru fiecare fază) și trei consumatori care au o componentă rezistivă de 0,01 Ω și una inductivă de 1mH (un consumator pentru fiecare fază). Sub-circuitul mai conține și trei blocuri de tip funcție MATLAB ce controlează sursele de tensiune în funcție de intensitatea curentului pe faza corespunzătoare și de un semnal sinusoidal primit de la un generator de undă. Semnalul sinusoidal are o frecvență de aproximativ 8,8 Hz (55,3 rad/s), iar blocurile de tip funcție conțin codul:

function v=functie_EAF(f,i)
c=19000;
d=5000;
m=0.2;
vp=200;
vt=vp+(1+(m*f));
v=sign(i)*(vt+(c/(d+abs(i))));
unde f reprezintă valoarea semnalului sinusoidal în acel moment, i este intensitatea curentului electric, c este puterea arcului, d reprezintă intensitatea curentului arcului, m este indexul de modulație, vp este pragul de tensiune al arcului, vt este lungimea arcului, iar v este valoarea care controlează generatorul de tensiune.

Utilizarea cuptorul de topire în arc electric produce un efect de flicker asupra tensiunii de linie, formele de undă pe cele trei faze ale magistralei de 0,4 kW sunt prezentate în figura 6.17. După cum se observă din această figură, toate cele trei faze sunt distorsionate de efectul de flicker cauzat de cuptorul de topire în arc electric.



Fig. 6.17 Efectul utilizării cuptorul de topire în arc electric asupra tensiunii de linie

Perturbațiile asupra formei de undă sinusoidale prezentate în figura 6.17 (cauzate de utilizarea cuptorul de topire în arc electric) introduc și distorsiuni armonice. Aceste distorsiuni sunt clar vizibile în graficul de analiză spectrală prezentat în figura 6.18. Pentru realizarea acestui grafic s-a folosit modulul Powergui care a captat date odată cu începerea simulării timp de 10 cicluri, urmărind frecvențe de până la 2 kHz. Se observă apariția unor armonici de magnitudine mare de ordinul 3, 5, 7, 9, 11 și 13, cu maximul la armonica de ordinul 3.



Fig. 6.18 Analiza armonică a distorsiunilor introduse de utilizarea unui cuptor

de topire în arc electric



Fig. 6.19 Circuitul realizat pentru simularea unei sarcini neliniare monofazate

6.7 Prezența unei sarcini neliniare monofazate

Pentru simularea perturbațiilor produse de o sarcină neliniară monofazată se utilizează circuitul din figura 6.19. Schema conține un redresor monofazat cu filtru capacitiv de 2 mF pentru fiecare fază. Schema mai conține un set de consumatori de tip rezistiv de 10 Ω. Perturbațiile produse de sarcina neliniară monofazată asupra tensiunii de fază sunt prezentate în figura 6.20. Forma de undă sinusoidală de pe magistrala de 0,4 kV este distorsionată la punctele corespunzătoare unghiurilor de 60° și 240°. Perturbațiile produse de sarcina neliniară monofazată monofazată nu sunt vizibile la magistrala de 11 kV, acestea fiint eliminate de transformator.

Figura 6.21 prezintă graficul de analiză armonică obținut pentru circuitul din figura 6.19. La magistrala de 0,4 kV, distorsiunile sunt prezente la armonicele de ordin impar. Transformatorul a redus magnitudinea distorsiunilor, astfel la magistrala de 11 kV, distorsiunile prezente la armonicele de ordin impar au fost reduse (mai exact, cele de ordinul mai mic decât 21) sau eliminate (de ordin 21 sau mai mare).



Fig. 6.20. Efectul prezenței unei sarcini neliniare monofazate asupra tensiunii de fază



(a) faza A de pe magistrala de 11 kV



(b) faza A de pe magistrala de 0,4 kV

Fig. 6.21 Analiza armonică a distorsiunilor produse de sarcina neliniară

monofazată

6.8 Prezența unei sarcini neliniare trifazate

Perturbațiile cauzate de o sarcină neliniară trifazată sunt simulate cu circuitul din figura 6.22. Modulul PLL (Phase Lock Loop) este folosit la sincronizarea generatorului de impulsuri, generator care comandă un redresor trifazat. Unghiul de comandă al acestui redresor este controlat de un bloc variabil cu valoarea inițială de 30°.



Fig. 6.22 Circuitul realizat pentru simularea unei sarcini neliniare trifazate

Perturbațiile introduse de sarcină neliniară trifazată sunt prezentate în figura 6.24. La consumator, toate cele trei faze prezintă pulsuri ale tensiunii de linie. În mod similar cu perturbațiile anterioare cauzate de consumator, distorsiunile produse de sarcina neliniară trifazată sunt atenuate de transformator. Astfel, aceste perturbații prezente pe magistrala de 11 kV au un aspect atenuat comparativ cu cele de pe magistrala de 0,4 kV. Poziția pulsurilor de tensiune este determinată de unghiul de comandă al redresorului trifazat, iar lățimea lor este determinată de sarcina inductivă din circuit.

Pentru a vizualiza distorsiunile armonice produse de pulsurile din figura 6.23.a, se efectuează o analiză armonică a tensiunilor de fază de pe cele două magistrale. Rezultatele sunt prezentate în figura 6.24. Armonicele de ordinul 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 25, 29, 31, 35 și 37 de la faza A a magistralei de 0,4 kV prezintă distorsiuni puternice. Acestea sunt prezente și în cazul magistralei de 11 kV, dar magnitudinea lor a fost semnificativ redusă de trecerea prin transformator.



Fig. 6.23. Efectul prezenței unei sarcini neliniare trifazate asupra tensiunii de fază



(b) faza A de pe magistrala de 0,4 kV

Fig. 6.24 Analiza armonică a distorsiunilor produse de sarcina neliniară trifazată

CAPITOLUL 7

CONCLUZII

Deși cerințele privind calitatea serviciului de furnizare a energiei electrice către consumatori sunt din ce în ce mai mari, produsul "energie electrică" nu poate atinge niciodată calitatea absolută și în consecință, consumatorul trebuie să adopte soluții tehnice pentru protecția propriilor instalații, în paralel cu acțiunile furnizorului pentru îmbunătățirea calității energiei electrice livrate. Pentru unele tipuri de abateri de calitate limitarea efectelor acestora impune acțiuni comune ale furnizorului de energie electrică și ale consumatorului.

O caracteristică importantă a calității energiei electrice este forma sinusoidală a curbei de tensiune, în practică nu există o sursă care să poate asigura o tensiune perfect sinusoidală, de asemenea consumatorii conectați la rețea, la o tensiune dată, au nevoie de un curent a cărui amplitudine și formă reprezintă o caracteristică a furnizorului.

Pentru ca perturbațiile pe curba de tensiune să rămână în limite acceptabile, este deci obligatoriu să se impună limite ale emisiilor perturbatoare, determinate pe curba curentului electric absorbit de consumator. Este evidentă necesitatea corelării dintre abaterile admise privind tensiunea în punctul comun de cuplare şi cele ale curentului absorbit de consumator.

Această teză a propus o cercetare orientată asupra analizei abaterilor de la calitatea furnizării cu energie electrică având în vedere influența acesteia asupra consumatorilor casnici și noncasnici. Se

urmărește astfel să se realizeze un studiu atent asupra calității, inclusiv prin documentarea la agenți economici, metode de calcul și modele absolut necesari pentru aprecierea amplorii fenomenelor perturbatoare și pentru identificarea metodelor de limitare a efectelor negative datorate acestor abateri. Scopul final este acela de a reduce abaterile de la calitatea energie la consumatorii noncasnici și casnici, și implicit, de scădere a costurilor de producție pentru micile întreprinderi care depind în foarte mare măsură de calitatea furnizării serviciului de alimentare cu energie electrică, unde fiecare oprire a producției sau mărirea rebuturilor poate duce la dezechilibru financiar.

În urma cercetărilor efectuate au rezultat următoarele contribuții proprii:

 S-a elaborat un raport sintetic cu referire la instalațiile de joasă tensiune, tensiunile standardizate pentru astfel de instalații, tipurile de consumatori, multitudinea de standarde și reglementări privind serviciul de furnizare a energiei, precum și prevederile referitoare la armonici ale standardelor internaționale și naționale. (Capitolul 2).

S-a prezentat un studiu extins, prin parcurgerea unui însemnat număr de referințe bibliografice din literatura de specialitate, care s-a materializat într-un raport sintetic cu referire la solicitările întâlnite în rețelele electrice de joasă tensiune și indicatorii de calitate în instalațiile de electrice de joasă tensiune. S-a avut în vedere stadiul actual în domeniul analizei calității energiei electrice, cu informații despre clasificarea perturbațiilor din rețeaua electrică și necesitatea reducerii acestora. Toate aceste chestiuni teoretice și aplicative sunt studiate în contextul actual de creștere exponențiale a ponderii

consumatorilor rezidențiali și economici în totalul energiei consumate (Capitolul 3 și Capitolul 4).

 Am realizat un studiu de caz la un important producător de componente electrice din Județul Prahova unde s-a reuşit surprinderea a două posibile abateri de la calitatea energiei electrice şi anume o întrerupere cu energie electrică şi o supratensiune. Au fost determinate pierderile financiare suportate de unitatea economică (Capitolul 5).

 Tot în acest capitol s-au propus noi abordări în relația consumator furnizor prin înbunătățirea cadrului actual legislativ și introducerea de echipamente din sfera IoT care să monitorizeze în permanență calitatea energiei electrice (Capitolul 5).

 Pe baza tehnicilor de simulare s-au modelat opt exemple de simulare ale abaterilor de la calitatea energiei electrice la consumatori, utiliznd mediul de programare mediul MATLAB/Simulink cu modulul SimPowerSystems. Pentru fiecare caz în parte au fost prezentate circuitele folosite pentru simulare și graficele tensiunilor sau/și curenților afectate de pertubațiile modelate (Capitolul 6).

Direcții de dezvoltare

Având în vedere multitudinea problemelor calităţii energiei electrice, pentru care nu există o cale unică de rezolvare, posibilitatea identificării de către consumatorul final de energie a unor abateri de la calitatea energiei electrice sau depistării de către furnizor unor perturbaţii cu forme de undă complexe induse în reţea de către utilizatori, ar putea duce la identificarea de noi soluții de remediere.

Ca direcții de dezvoltare ulterioară se pot menționa:

Având în vedere cele prezentate considerăm că se impune ca A.N.R.E. să intervină prin elaborarea unui ordin similar cu Ordinul ANRE nr. 177/2015 pentru aprobarea Procedurii privind acordarea despăgubirilor clienților casnici pentru receptoarele electrocasnice deteriorate ca efect al unor supratensiuni accidentale produse din culpa operatorului de rețea, care a apărut în Monitorul Oficial, Partea I, nr. 971 din 29 decembrie 2015 și care să reglemeteze și sectorul consumatorilor noncasnici.

De asemenea ar fi în interesul ambelor părți instalarea unor aparate de măsură din sfera IoT, eventual înglobate în contorul electric, care să monitorizeze în permanență calitatea energiei electrice și sa anunțe prin intermediul unor aplicații pe telefonul mobil respectiv "dispecerat distribuție" factorii de decizie din ambele părți, respectiv consumator furnizor, despre abaterile de la calitatea energiei. Aceste sisteme de măsură on-line care permit identificarea abaterilor de la calitatea energiei precum si efectelor perturbatoare introduse de consumatorii economici sau casnici, pot fi utilizate eficient și în smart-griduri. Și în această situație tot ANRE ar trebui să vină în întâmpinarea clienților printr-o reglementare astfel încât acestia să nu mai depindă de furnizor în depistarea cauzelor ce au provocat avarii pe linia furnizării cu energie electrică și prin intermediul căreia să se stabilească caracteristicile tehnice ale unui IoT si modalitatea prin care se poate instala, precum și cine suportă costurile de achiziție, de montaj, etc [63]. De cealaltă parte considerăm că si furnizorul este interesat în aceiasi măsură ca si consumatorul să demonstreze ca serviciul livrat este de calitate si nu este el de vină pentru eventualele avarii apărute în reteaua consumatorului sau îl poate atenționa și de ce nu îl poate trage la răspundere pentru efecte perturbatoare introduse de acesta în retea.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVĂ (din totalul de 103 de lucrări)

[1] Ignat, J., Popovici, C., Cherecheş, C. – *Instalații și rețele electrice de joasă tensiune în clădiri civile*, Universitatea Gheorghe Asachi Iași, 2003.

[2] IEC 1000-2-1:1990, "Electromagnetic Compatibility", Part 2: Environment, Section 1: Description of the environment - Electromagnetic environment for low-frequency conducted disturbances and signaling în public power supply systems

[3] IEC 61000-4-30 "Electromagnetic compatibility (EMC) - Part 4-30: Testing and measurement techniques - Power quality measurement methods"

[4] Hermina, A., Golovanov, N., Răşcanu, V., Păun, D., Păun, C., – Sistem de monitorizare al calității serviciului de furnizare a energiei electrice în concordanță cu reglementările din România, Lucrările ştiințifice ale Forumului Regional al Energiei, Neptun, Iunie 15-19, 2008

[5] PE 932/93 - Regulamentul de furnizare a energiei electrice la consumatori

[6] PE 142/80 - Normativ privind combaterea efectului de flicker în rețelele de distribuție

[7] Filho J.M.C., ş.a. – *"Validation of Voltage Sag Simulation Tools: ATP and Short Circuit Calculation Versus Field Measurements*". IEEE Transactions on Power Delivery 23, pag. 1472-1480, 2008.

[8] Voltage Sags Indices, IEEE Std. P1564 draft 6, Jan. 2004.

[9] J. M. C. Filho, J. P. G. Abreu, R. C. Leborgne, T. C. Oliveira, D.M. Correia, and J. F. Oliveira, "Comparative analysis between mea-surements and simulations of voltage sags," presented at the 10thIEEE Power Eng. Soc. Int. Conf. Harmonics Quality of Power, Rio deJaneiro, Brazil, Oct. 2002.

[10] J. M. C. Filho, J. P. G. Abreu, H. Arango, and J. C. C. Noronha, "Elec-tric power system under voltage sag: A tool for achieving compatibility," in Proc. 9th IEEE Power Eng. Soc. Int. Conf. Harmonics Qualityof Power, Orlando, FL, Oct. 2000, vol. 3, pp. 784–789.

[11] J. M. C. Filho, J. P. G. Abreu, T. C. Oliveira, O. A. S. Carpinteiro, C.B. R. Junior, F. A. Oliveira, R. P. Gomes, S. G. Carvalho, and D. N.Gonçalves, "A software for voltage sags strategic studies," presented atthe 11th IEEE Power Eng. Soc. Int. Conf. Harmonics Quality of Power,Lake Placid, NY, Sep. 2004.

[12] Patne N.R., Thakre K.L. – *"Stochastic Estimation of voltage Sag Due to Faults in the Power System by Using PSCAD/EMTDC Software as a Tool for Simulation*", Journal of Electrical Power Quality and Utilisation 13, pag. 59-63, 2007.

[13] B o I I e n M . H . J . : Understanding Power Quality Problems; Voltage Sags and interruptions. ser. IEEE Press Series on Power Engineering, Piscataway, NJ, 2000.

[14] J u a r e z E . E . , H e r n a n d e z A .: An analytical approach for stochastic assessment of balanced and unbalanced voltage sags in large system. In IEEE Transaction on Power Delivery, Vol.21, No.3, July 2006.

[15] Moschakis M.N., Hatziargyriou N.C.: Analytical calculation and stochastic assessment of voltage sags. IEEE Transaction on Power Delivery, Vol.21, No., July 2006. [16] Anaya - Lara O., Acha E.: Modeling and Analysis of Custom Power Systems by PSCAS/EMTDC. IEEE transaction on Power Delivery,Vol.17,No.1, January 2002.

[17] Hadi S. – "Power System Analysis", McGraw Hill, 2004.

[18] Ntombela M., ş.a. – "An Investigation into the Capabilities of MATLAB Power System Toolbox for Small Signal Stability Analysis in Power Systems", IEEE PES Conference and Exposition, 2005.

[19] J. G. Slootweg, J. Persson, A. M. van Voorden, G. C. Paap, W.
L. Kling, A Study of the Eigenvalue Analysis Capabilities of Power System Dynamics Simulation Software, 14 PSCC, Sevilla, 24 - 28 June, 2002.

[20] J. Persson, J. G. Slootweg, L. Rouco, L. SÖder, and W. L. Kling, A Comparison of Eigenvalues Obtained with Two Dynamic Simulation Software Packages, Accepted for presentation at 2003 IEEE Bologna Power Tech Conference, 23 - 26 June, Bologna, Italy, Paper 0-7803-7967-5/03.

[21] J. G. Slootweg, J. Persson, A. M. van Voorden, G. C. Paap, W.
L. Kling, A Study of the Eigenvalue Analysis Capabilities of Power System Dynamics Simulation Software, 14 PSCC, Sevilla, 24 - 28 June, 2002.

[22] Milano F. – "An Open Source Power System Analysis Toolbox", IEEE Transaction on Power Systems 20, pag. 1199-1206, 2005.

[23] Vanfretti L., Milano F. – "Application of the PSAT, an Open Source Software for Educational and Research Purposes", IEEE PES General Meeting, 2007.

[24] M. Larsson, "ObjectStaban educational tool for power system stability studies", IEEE Trans. Power Syst., vol. 19, no. 1, pp. 56-63, Feb. 2004. [25] J. H. Chow, K. W. Cheung, "A toolbox for power system dynamics and control engineering education and research", IEEE Trans. Power Syst., vol. 7, no. 4, pp. 1559-1564, Nov. 1992.

[26] A. H. L. Chen, C. O. Nwankpa, H. G. Kwatny, X. Yu, "Voltage stability toolbox: an introduction and implementation", Proc. 28th North American Power Symp., Nov. 1996.

[27] F. Milano, PSAT Matlab-Based Power System Analysis Toolbox, 2002.

[28] M. Kezunovic, G. H. A. Abur, A. Bose, and K. Tomsovic, "The Roleof Digital Modeling and Simulation in Power Engineering Education,"in IEEE Transactions on Power Systems, no. 1, Feb. 2004, pp. 64–72.

[29] J. Chow, F. F. Wu, and J. Momoh, Applied Mathematics for RestructuredElectric Power Systems. Springer-Verlag, 2005, reference in Chapter8, Instability Monitoring and Control of Power Systems, by E. H. Abed, M. A. Hassouneh and M. S. Saad.

[30] Sybille G., Hoang L.H. – "Digital Simulation of Power Systems and Power Electronics using the MATLAB/Simulink Power System Blockset", IEEE PES Winter Meeting 4, pag. 2973-2981, 2000.

[31] Sybille G., ş.a. – "Theory and Applications of Power System Blockset, A MATLAB/Simulink-Based Simulation Tool for Power Systems", IEEE PES Winter Meeting 1, pag. 774-779, 2000.

[32] Dessaint L.A., ş.a. – "A Power System Simulation Tool Based on Simulink", IEEE Transactions on Industrial Electronics 46, pag. 1252-1254, 1999.

[33] Tan, R.H.G., Ramachandaramurthy V.K. - "A Comprehensive Modeling and Simulation of Power Quality Disturbances Using

MATLAB/SIMULINK", Power Quality Issues in Distributed Generation. InTech, 2015.

[34] Guzman, A; Mooney, J. B; Benmouyal, G; Fischer, N. (2002). Transmission Line Protection System for Increasing Power System Requirements. 55th Annual Conference for Protective Relay Engineers, College Station, Texas, (April 2002).

[35] W. Long et al., "EMTP a powerful tool for analyzing power system transients," IEEE Comput. Appl. Power, vol. 3, pp. 36–41, July 1990.

[36] Abou El Ela, A.A., Abido, M.A., Spea, S.R. 2010. Optimal power flow using differential evolution algorithm, Electric Power Systems Research, Vol. 80, pp. 878–885.

[37] Fried, S.O., Kharbawe, N. E., A. Edris, 2010. The use of static Compensator for improving power system stability in response to selective pole Switching, IEEE-ISGT Europe, pp. 1-6.

[38] Ghamgeen Izat Rashed, Yuanzhang Sun, Optimal Placement of Thyristor Controlled Series Compensation for Enhancing Power System Security Based on Computational Intelligence Techniques, Procedia Engineering, Vol. 15, pp. 908-914, 2011

[39] McGranaghan M, Roettger B (2002) Economic Evaluation of Power Quality, IEEE Power Engineering Review, 22: 8-12.

[40] McGranaghan M, Santoso S (2007) Challenges and Trends in Analyses of Electric Power Quality Measurement Data, EURASIP Journal on Advances in Signal Processing.

[41] McEachern A (2007) A Free Simulator Program for Teaching Power Quality Concepts, 9th International Conference Electrical Power Quality and Utilisation.

[42] Bam L, Jewell W (2005) Review: Power System Analysis Software Tools, IEEE PES General Meeting 1: 139-144.

[43] Schoder K., ş.a. – *"PAT: A Power Analysis Toolbox for MATLAB/Simulink"*. IEEE Transactions on Power Systems 18, pag. 42-47, 2003.

[44] K. Schoder, A. Hasanović (Hasanovic), A. Feliachi, "Load-flow and dynamic model of the Unified Power Flow Controller (UPFC) within the Power System Toolbox (PST)", Proc. IEEE Midwest Symp. Circuits Syst., 2000.

[45] K. Schoder, A. Hasanović (Hasanovic), A. Feliachi, "Power system damping using fuzzy controlled unified power flow controller", Proc. IEEE Power Eng. Soc. Winter Meeting, 2001.

[46] Bam L., Jewell W. – *"Review: Power System Analysis Software Tools*", IEEE PES General Meeting 1, pag. 139-144, 2005.

[47] N. N. Bengiamin, F. H. Holcomb, "PC-Based Power Systems Software: Comparing Functions and Features", IEEE Trans. Computer Applications in Power, vol. 5, no. 1, pp. 35-40, Jan. 1992.

[48] J. D. Glover, M. Sarma, Power System Analysis and Design, Boston, MA:PWS Publishing Company, pp. 253.

[49] D. T. Rizy, R. H. Staunton, "Evaluation of Distribution Analysis Software for DER Applications", ORNL/TM-2001/215, Sep. 2002.

[50] I. Marinescu, **B. Botea**, H. Leonard Andrei, Critical Infrastructure Risk Assessment of Romanian Power Systems, 2017 5th International Symposium on Electrical and Electronics Engineering (ISEEE), Galați 2017.

[51] **B. Botea**, I. Marinescu, C. Drăgoi, H. Leonard Andrei, Modeling, simulation and analysis of disturbances and defects in low

voltage installations, The Scientific Bulletin of Electrical Engineering Faculty-SBEEF 1/2019, ISSN 2286-2455, pp. 49-57, 2019.

[52] H. Andrei, P.C. Andrei, G. Oprea, **B. Botea**, Basic Equations of Linear Electric and Magnetic Circuits in Quasi-stationary State Based on Principle of Minimum Absorbed Power and Energy, Proc. IEEE-ISFEE, Bucharest, 28-29 Nov, IEEExplore, ISI, ISBN: 978-1-4799-6821-3, pp. 138, 2014

[53] **B. Botea**, M.F. Stan, Overview of current research regarding the development of ultra powerful magnets without the use of rare earth, The Scientific Bulletin of Electrical Engineering Faculty, 2014, year 14, no. 1 (25), B+, ISSN 1843-6188, pp. 18-22, 2014.

[54] Bhonsle D.C., Kelkar R.B. – *"Simulation of Electric Arc Furnace Characteristics for Voltage Flicker Study using MATLAB"*, International Conference on Recent Advancements in Electrical, Electronics and Control Engineering, pag. 174-181, 2011.

[55] Golkar M.A., Tavakoli Bina M., Meschi S. – "A Novel Method of Electrical Arc Furnace Modeling for Flicker Study", International Conference on Renewable Energies and Power Quality, pag. 1-8, 2007.

[56] Wu Ting, Song Wennan, Zhang Yao, "A New Frequency Domain Method for the Harmonic Analysis of power system with Arc Furnace", proceeding of the 4th international conference on advances in power system control, 1997.

[57] Tongxin Zheng, ElhamB.Makram, Adly A.Girgis. "Effect of Different Arc Furnace Models on Voltage Distortion", IEEE 1998.

[58] Omer Ozgun, Ali Abur, "Development of an Arc Furnace Model for Power Quality Studies", IEEE, 1999.

[59] Omer Ozgun, Ali Abur, "Flicker Study Using a Novel Arc Furnace Model", IEEE transaction on power delivery Vol.17, No.4, 2002.

[60] Zheng T., Makram E. B. and Girgis A. A., "Effect of different arc furnace models on voltage distortion", IEEE Transactions , International Conference on Harmonics and Quality of Power, 14-18 October 1998, Volume 2, pp. 1079-1085.

[61] Rahmatallah Hooshmand, Mahdi Banejad and Mahdi Torabian Esfahani, "A New Time Domain Model for Electric Arc Furnace", Journal of Electrical Engineering, Vol. 59, No. 4, 195-202, 2008.

[62] Mahdi Banejad, Rahmat-Allah Hooshmand and Mahdi Torabian Esfahani, "Exponential-Hyperbolic Model for Actual Operating conditions of Three Phase Arc Furnaces", American Journal of Applied Scinces 6 (*):1539-1547, 2009.

[63] **B. Botea**, I. Marinescu, New approaches in the consumer supplier relationship regarding malfunctions in the electroenergetic systems and from the persepctive of the IoT development, The Scientific Bulletin of Electrical Engineering Faculty – SBEEF, ISSN 2286-2455, pp. 48-53, 2017.



Curriculum vitae Europass	
Informații personale	
Nume / Prenume	Botea Bogdan
Adresă(e)	Municipiul Câmpina, Județ Prahova, România
Telefon(oane)	
Fax(uri)	-
E-mail(un)	
Naționalitate	Română
Data nașterii	
Experiența profesională	
Perioada	1999-2000 – Grup Școlar Industrial Construcții Mașini Câmpina, profesor Tehnologia Informației 01 01 2001 – 31 01 2005 – Administrator de retea
	01.02.2005 – 14.02.2016 – Inginer de sistem
	15.02.2016 – prezent, șer Birou Comunicății și Informatică
Funcția sau postul ocupat	Şef Birou Comunicații și Informatică
Activități și responsabilități principale	Conduce biroul care asigură organizarea, coordonarea, și controlul privind funcționarea, dezvoltarea, înzestrarea, investițiile și aprovizionarea tehnico-materială pentru rețelele de comunicații, transmisii de date și informatică.
Tipul activității sau sectorul de activitate	ІТ
Educație și formare	
Perioada	1988 – 1992
Calificarea / diploma obţinută Disciplinele principale studiate /	Diploma de Bacalaureat Electrotebnică
competențe profesionale dobândite	
Numele și tipul instituției de învățământ / furnizorului de formare	Grup Şcolar Energetic
Nivelul în clasificarea națională sau internatională	Liceal
	1994-1997
	Diplomă de Absolvire
	Universitatea Petrol-Gaze Ploiești
	Facultatea de Inginerie Mecanică și Electrică Studii superioare de scurtă durată – 3 ani
	1998
	Certificat de Absolvire Universitatea Petrol-Gaze Ploiești Departamentul pentru pregătirea personalului didactic Curs postuniversitar de formare
	1999 Contificat de abechvire
	Cerunical de ausoivire Curs postuniversitar formare analiști programatori pe stații compatibile IBM-PC
	Centrul de Pregătire în Informatică București Curs postuniversitar de formare

2000 - 2004Diplomă de Licentă Drept Universitatea Europeană I.C. Drăgan din Lugoi Facultatea de Drept din Brasov Studii superioare de lungă durată - 4 ani 2003 Certificat de absolvire Curs postuniversitar formare ingineri de sistem Centrul de Pregătire în Informatică Bucuresti Curs postuniversitar de formare 2004 - 2005Diplomă de studii postuniversitare de specializare Curs postuniversitar de specializare în stiinte penale Academia de Politie Alexandru Ioan Cuza Bucuresti Facultatea de drept Curs postuniversitar de specializare 2004 - 2006 Diplomă de studii postuniversitare de specializare Curs postuniversitar de specializare în informatică Universitatea Petrol-Gaze Ploiesti Facultatea de Litere si Stiinte Curs postuniversitar de specializare 2011 Atestat de formare continuă Management educational Ministerul Educatiei, Cercetării, Tineretului și Sportului Directia Generală Management, Resurse Umane si Retea Scolară Directia Formare Continuă a Personalului din învătământul Universitar 2008 - 2012Diplomă de Licentă Electrotehnică Universitatea Valahia Târgoviste Facultatea de Inginerie Electrică, Electronică si Tehnologia Informatiei Studii superioare de lungă durată 2012 - 2014Diplomă de Master Inginerie electrică Universitatea Valahia Târgoviste Facultatea de Inginerie Electrică, Electronică și Tehnologia Informației Studii universitare de masterat

Aptitudini şi competenţe personale

Limba(i) maternă(e)

Precizați limba(ile) maternă(e) (dacă este cazul specificați a doua limbă maternă, vezi instrucțiunile)

Limba(i) străină(e) cunoscută(e) Autoevaluare Nivel european (*)

> Limba Engleză Limba Rusă

Înțelegere				Vorbire				Scriere	
	Ascultare		Citire		Participare la conversație		Discurs oral	E	Exprimare scrisă
B2	Engleză	B2	Engleză	B2	Engleză	B2	Engleză	B2	Engleză
A2	Rusă	A2	Rusă	A2	Rusă	A2	Rusă	A2	Rusă

Competente si abilități sociale Sp

Spirit de echipă, adaptabilitate la medii multiculturale, o buna capacitate de comunicare.

Competențe și aptitudini organizatorice	Simț organizatoric, experiență: în realizare proiectelor precum și a transpunerii lor în practică, în coordonarea echipelor, în gestionarea bugetelor.
Competențe și aptitudini tehnice	Cunoștințe avansate în domeniul ingineriei de sistem și ingineriei electrice, cunoștințe solide in domeniul informatici, cunoștințe avansate în domeniul științelor penale.
Permis de conducere	Categoria B
Informații suplimentare	
Anexe	

LISTA LUCRĂRILOR PUBLICATE

1. H. Andrei, P.C. Andrei, G. Oprea, **B. Botea**, Basic Equations of Linear Electric and Magnetic Circuits in Quasi-stationary State Based on Principle of Minimum Absorbed Power and Energy, Proc. IEEE-ISFEE, Bucharest, 28-29 Nov, IEEExplore, ISI, ISBN: 978-1-4799-6821-3, pp. 138, 2014

2. **B. Botea**, M.F. Stan, Overview of current research regarding the development of ultra powerful magnets without the use of rare earth, The Scientific Bulletin of Electrical Engineering Faculty, 2014, year 14, no. 1 (25), B+, ISSN 1843-6188, pp. 18-22, 2014.

3. **B. Botea**, I. Marinescu, New approaches in the consumer - supplier relationship regarding malfunctions in the electroenergetic systems and from the persepctive of the IoT development, The Scientific Bulletin of Electrical Engineering Faculty – SBEEF, ISSN 2286-2455, pp. 48-53, 2017.

4. I. Marinescu, **B. Botea**, H. Leonard Andrei, Critical Infrastructure Risk Assessment of Romanian Power Systems, 2017 5th International Symposium on Electrical and Electronics Engineering (ISEEE), Galați 2017.

5. **B. Botea**, I. Marinescu, C. Drăgoi, H. Leonard Andrei, Modeling, simulation and analysis of disturbances and defects in low voltage installations, The Scientific Bulletin of Electrical Engineering Faculty-SBEEF 1/2019, ISSN 2286-2455, pp. 49-57, 2019.

MINISTRY OF EDUCATION UNIVERSITY "VALAHIA" OF TÂRGOVIŞTE IOSUD - DOCTORAL SCHOOL OF ENGINEERING SCIENCES THE FUNDAMENTAL FIELD OF ENGINEERING SCIENCES ELECTRICAL ENGINEERING



Contributions regarding the Functional Analysis

of low-voltage installations with increased safety

PhD Superviser,

Prof. univ. dr. ing. Horia Leonard ANDREI

PhD Student,

ing. Bogdan BOTEA

TÂRGOVISTE 2019

CUPRINS

CHAPTER 14
THE PRESENCE, CONTEXT AND POSITIONING OF THE DOCTORATE
THESIS
CHAPTER 2
LOW VOLTAGE INSTALLATIONS AND LOW POWER
CHAPTER 3
STRESS CONDITIONS IN ELECTRIC LOW VOLTAGE NETWORKS
CHAPTER 4
QUALITY INDICATORS IN ELECTRICAL LOW VOLTAGE INSTALLATIONS10
CHAPTER 5
DEFECTS OCCURED TO CONSUMERS CONNECTED TO THE LT
NETWORK - CASE STUDY. ENHANCING THE FUNCTIONAL SAFETY AND
IMPROVING THE CONSUMER - SUPPLIER RELATIONSHIP12
5.1 Power voltage gaps15
5.2 Overvoltages
5.3 Increased operational safety and new approaches of the consumer -
supplier relationship19
CHAPTER 6
MODELING, SIMULATION AND ANALYSIS OF PERFORMANCES AND
DEFECTS IN LT INSTALLATIONS
6.1 The shortcircuit regime21
6.2 Overloads caused by a lightning strike
6.3 Transformer loading
6.4 The load over a battery of capacitors
6.5 Starting a high power engine
6.6 Use of an electric arc melting furnace

6.7 Presence of a single-phase non-linear charge	.40
6.8 The presence of a non-linear three-phase load	.43
CHAPTER 7	.46
CONCLUSIONS	.46
Directions of development	.48
SELECTIVE BIBLIOGRAPHY	.50

CHAPTER 1

THE PRESENCE, CONTEXT AND POSITIONING OF THE DOCTORATE THESIS

The evolution of production systems and implicit transport and use of electricity led to migration from the macroelectric power supply system (centralized system) to that of microelectric power supply.

Due to the use of new primary energy sources and new configurations to convert these primary energy into electricity, it has forced to find new classes of receivers that can respond to the dynamics of new energy sources. This concept requires increased adaptability of both sources and receivers.

Concerns about the quality of electricity can be argued by:

- change in the direction of increasing the diversity of energy systems and bilateral consequences in both ways between them and users as well as between consumers connected to the same power system;
- the need for increased efficiency in the production of transport as well as the use of electricity has led to the introduction of largescale power electronics in the control of energy conversion processes as well as the radar equipment necessary for the control of the power factor;
- modern equipment proves to be more sensitive to the diminution of the quality of electrical energy, because they have in their composition electronic devices based on microprocessors whose operating characteristics are altered by irregularities in the power supply network;
- consumers have become more alert, aware and well-informed, realizing the effects that various electromagnetic irregularities,

which may be random, semi-permanent or permanent, have on electronic and electrical equipment as well as technological processes (and of course the quality of the finished product), requires suppliers that the electricity offered is to be the quality parameters contracted.

CHAPTER 2

LOW VOLTAGE INSTALLATIONS AND LOW POWER

Electricity, after being produced in power plants, to be used by consumers, is required to be transported over long distances through the transmission electric networks and then distributed within urban, rural or industrial areas.

From a constructive point of view and considering the power transited through the distribution network and the distance needed to be delivered to the consumer, these networks are divided into voltage classes. Of these classes, the medium voltage power distribution networks are meant to supply electricity to the transformer stations, and in the situation of large industrial consumers, they provide the electricity supply to medium voltage consumers.

Electric receivers can be defined as electrical appliances that convert electricity into another form of energy, for example: bulbs convert electricity into light energy.

For electricity consumers with nominal voltage falling within the range that defines the class of JT networks, it is necessary to provide power to these receivers via JT electrical networks.

In the situation of low-voltage electrical networks, we meet the majority JT consumers and the low-voltage receivers included in them, such as lighting fixtures.

The main feature of a low-voltage electrical network is the electrical link without intermediates with a large number of consumers mainly and with a rather high number of secondary receivers.

The structure of a low-voltage electrical network consists of the low-voltage electrical distribution network (RED-JT) for the supply of electricity to consumers and the electricity network at the consumer level, which in turn is composed of the electric power supply network at lowvoltage consumer (REDC-JT) and electric power supply network (REAR-JT). The main feature of an electrical network that supplies the energy to the customers is the electrical connection and included the common connection point, which, in terms of network operation, separates the responsibilities of the supplier from those of the consumer, whether domestic or industrial. Strict delineation is considered at the output terminals of the electricity meter. Until the output terminals of the electricity meter, the supplier has the obligation to maintain the distribution network and the supply of the electricity quality indices on the terminals.

The supplier's JT's electrical distribution networks must guarantee the supply of electricity at the common point of connection and the pay-asyou-go distribution network at the terminals of the receivers in accordance with the quality indicators stipulated by contract.

The main quality indicators of a low voltage network can be considered voltage, frequency, symmetry of voltages, required power and continuity in power supply.

Since the low-voltage electrical network is the last link of a power system, directly related to consumers, the need to ensure continuity in power supply is dominated.

CHAPTER 3

STRESS CONDITIONS IN ELECTRIC LOW VOLTAGE NETWORKS

An electrical network, such as the low voltage (JT), is designed to carry electricity between generators and receivers under specified quality conditions.

We can say that an electrical network is a power supply system consisting of electrical conductors, to which we add other materials necessary for distribution such as connection points, electrical panels, connection devices, surveillance and protection.

Taking into account the parameters of the electric energy flowing through the JT electrical networks and the values of the electrical parameters of the JT electrical network elements, the latter can be in different regimes.

From another point of view, in the exploitation of a JT electric network it is worth considering:

- maintaining the demand for component parts of the electrical network within acceptable limits;
- ensuring the quality characteristics of electricity for consumers;
- profitability of the network in its entirety;

Consequently, the normal operation of a JT electrical network is the one in which the requirements referred to in the previous paragraph are satisfied and the resulting regime is defined as normal.

An extension of the normal regime is the overload, in which case certain parameters exceed the values admitted for the normal regime and as a result, their acceptance is restricted for certain time windows, in this extension of the normal regime we can introduce the unsymmetrical and deforming regime. In the case of the abrupt change of the RE-JT [1] parameters (destruction of insulation, between phases or between phases and earth), which is often equal to a short circuit, the electrical quantities of the transient energy will obtain values that differ from those of the normal regime, the demands of the electrical network elements also become high and as a result, it is necessary to limit or avoid these effects by suspending the supply of the respective electric circuit. Operation of this type is done automatically by specially designed protective devices for this purpose.

The electrical network regarded as the physical support of the power line, as well as its other material elements, contains certain electrical state parameters, which are used in the equivalent circuit with the admission, and these physical elements are transited by the electric energy that holds certain values of of electrical quantities (current, power factor, voltage, etc.).

On the constituent elements that make up the low voltage electric network, the electrical quantities of the energy passing them lead to certain stresses because, according to Ohm's law, if a voltage U is applied to a impedance circuit Z, there is a current I that will lead to the setting for a certain network of a given voltage class, depending on the determined current value, to stresses due to the Joule effect as well as due to the electromagnetic forces.

CHAPTER 4

QUALITY INDICATORS IN ELECTRICAL LOW VOLTAGE INSTALLATIONS

Quality, as defined by the International Organization for Standardization, is "the totality of the features and particularities of a product or service that characterizes the appropriation to meet the potential or expressed needs of the user."

The quality of electricity can be defined in several ways, which is why it was necessary to define clearly and concisely the concept of the quality of electricity and to standardize the parameters involved in defining this concept.

The IEEE 1100 standard [2] provides a narrowing of the definition of the quality of electrical power in that it only refers to the performance of the equipment.

The IEC uses the term electromagnetic compatibility in the 61000-4-30 [3] standard, replacing the term "electrical energy quality" as "the electrical energy traits at a particular point in an electrical system determined in relation to a set of characteristics technical reference "which refers to the possibility of measuring and quantifying the performance of a feed system.

In the same sense, it can be said about the quality of the electrical energy that it refers to the quality of the voltage and to the quality of the current, and any deviation of the current or voltage from the ideal shape is a quality irregularity of the electric power.

The Council of European Energy Regulators uses the expression of service quality in the provision of electricity, which refers to three aspects:

- Voltage quality, describing transients, frequency, amplitude and harmonics;

- Commercial quality, which describes the relationship between the supplier and the consumer;

- Continuity of delivery, describing long and short interruptions.

Ensuring the quality of electricity is connected to the continuous supply of a sinusoidal voltage with amplitude and frequency maintained between certain tolerances established by well-defined standards [4].

For this purpose, quality indicators are used to measure and assess the quality level at certain points of a power supply network at a given time.

If in the past the quality of the power supply only resulted in the continuous supply of electricity, nowadays, due to the facts outlined above, the requirements of the quality customers are much tighter.

CHAPTER 5

DEFECTS OCCURED TO CONSUMERS CONNECTED TO THE LT NETWORK -CASE STUDY. ENHANCING THE FUNCTIONAL SAFETY AND IMPROVING THE CONSUMER - SUPPLIER RELATIONSHIP

Following the documentation of one of the most important producers of electrical components in Prahova County, Romania, namely S.C. T.C. Measuring and Control SRL, based in Câmpina Municipality, which produces thermoelements, electric cables with special destinations, electric sensors, including for the aviation industry, there were two types of defects that will be presented below.

During the analyzed period T.C. Measurement and Control SRL was active in the "Casting" district of Câmpina, the power supply being made from the transformer "PTS 165 Turnatorie" as illustrated in the electric scheme of Fig.5.1. For this company the equipment, their nominal power and the total installed power are presented in Table 5.1.
Figure 5.1



List of electricity consuming equipment within T.C. Measurement

& Control S.R.L.

Nr. Crt.	Utilaje instalate T.C. Masurare&Control S.R.L.	Buc.	Puterea Consumată kW	Puterea Consumată kW total	Obs.
1.	Compresor cu șurub	1	11	11	
2.	Compresor cu piston	1	5,5	5,5	
3.	Strung	1	1,5	1,5	
4.	Mașină laser debitare	1	20	20	
5.	Mașină laser gravare	3	6,5	19,5	
6.	Mașină laser sudură	2	0,7	1,4	
7.	BLW Welding	8	2	16	
8.	Aparat sudura Microplasmă	2	5,5	11	
9.	Polizor de banc	6	0,4	2,4	
10.	Aparat sudură	2	2,3	4,6	
11.	CNC	2	1,5	3	
12.	Mașină de îngustat	1	2,2	2,2	
13.	Polizor cu bandă	2	2,2	4,4	
14.	Polizor cu bandă	1	4	4	
15.	Aparat sudură	2	6	12	
16.	Presă hidraulică	2	7,5	15	
17.	Mașină debitat	1	5,87	5,87	
18.	Robot Citizen	1	15	15	
19.	Robot Citizen	1	7	7	
20.	Alimentator cu prefabricate	1	2	2	
21.	Alimentator cu prefabricate	1	1,5	1,5	
22.	Pompă înaltă presiune	1	8,7	8,7	
23.	Cuptor uscare	1	2	2	
24.	Hotă vapori ulei	1	0,55	0,55	
25.	Calculatoare	25	0,2	5	
26.	Aparat aer condiționat	10	1,25	12,5	

Table 5.1	
-----------	--

5.1 Power voltage gaps

During January, 2017, day 10, voltage gaps were recorded, as presented in Chapter 4. Following the analysis of this defect, two of the characteristic parameters of a voltage gap were determined. Thus, according to the relationship the duration of the voltage drop was

$$\begin{aligned} \Delta t_g &= t_f - t_i [s] \\ \Delta t_g &= 11h45min20sec - 11h42min10sec = 190[s]_{(5,1)} \end{aligned}$$

which defines this failure as a temporary power gap. From the data taken from T.C. Measurement & Control S.R.L. the frequency of the gaps can be calculated:

$$f_a = \frac{N_g}{T_r}$$

$$f_a = \frac{\mathbf{4}}{744\mathbf{h}} = 0,005\mathbf{3} \tag{5.2}$$

value indicating a high rate of occurrence of this defect.

The other amplitude indicator of the void can not be calculated because the residual phase voltage Uf is unknown, lacking the power quality measurement system that can be installed right at the transformation point.

In the case of the transformer shown in Fig.5.1 PTS 165 Foundry in addition to the commercial company are connected household consumers in the "Turnatorie" district whose heating source are electric radiators with oil or electric radiators. From the data available on the NMA site on the day and time at which the voltage gauge occurred, the temperature dropped to - 90°C, which led to excessive consumption of domestic heating sources and the interruption in the supply of electricity by to the transformer that is anyway under-dimensioned. Considering a power factor imposed on the network of 0.91 the maximum active power at the transformer output is

Given that the company uses the total installed capacity of 193.62 kW, then it would be sufficient for consumers to use 40 electric radiators with 1kW oil to lead to the installed power of the transformer.

According to the data collected from the commercial company, the graphs of Fig.5.2 and Fig.5.3 show the active and reactive electric energy consumption in the period 2016 - 2018. In January 2017 a decrease in consumption due to the registration of a "blank" of voltage "compared to the same month of 2018. Year 2016 shows lower consumption and due to the fact that at that time the industrial robots were not operational.



Fig. 5.2 Active electricity consumption during 2016 – 2018



Fig. 5.3 Reactive electricity consumption during 2016 – 2018

5.2 Overvoltages

During July 2017 there was a defect in power supply that showed the characteristics of an overvoltage as described theoretically in Chapter 4.

We can estimate an amplitude value of 1.2-3 times the peak value of service voltage per phase.

The cost of the economic losses due to the above-mentioned power gauge is 1000 Euros at the sensor production unit and 6000 Euros at the special cable production unit.

At the sensor production unit, thanks to the production unit with numerically controlled cutting machines, the amount of EUR 1,000 can be increased if the non-food robots destroy the attached tools, a tool for them having a starting price of several dozen euro and can go up to several hundred.

The cost of economic losses due to overvoltage is 10000 Euros at the sensor production unit that included the cost of the two defective Servers and the UPS plus the production delays caused by stopping CNC machining for several hours until the intervention team IT succeeded in restarting a server and restoring the other server after back-up.

In the graph of Fig. 5.4 was the economic losses incurred and the production costs of the company in January and April 2017. As you can see, the production costs increase in proportion to the value of the recorded damages.



Fig. 5.4 Production costs and losses caused by defects in the electrical supply system

In January, losses amounted to 4.55% and in July the losses were around 4.26%, in a market economy based on fierce competition in the field, these values can represent the profit net in a month of lucrative activity.

5.3 Increased operational safety and new approaches of the consumer supplier relationship

In the event that the consumers are faulty due to accidental overvoltages, they are compensated according to the provisions of the Electricity Supply Regulation approved by the ANRE Order no. 64/2014 [5].

In the case of non-household consumers, compensation as well as the terms of the grant are included in the electricity supply contract, but the procedures are cumbersome and often non-household users give up trying to get compensation.

This approach to the consumer-electricity relationship will lead, on the one hand, to greater responsibility on the part of electricity suppliers to ensure the quality of electricity quality and, on the other hand, to increased monitoring measures on -line of the electricity parameters at the consumers' connection points.

These records will constitute conclusive evidence of any conflict in the consumer-supplier relationship of electricity and will contribute to increasing safety in the operation of JT.

CHAPTER 6

MODELING, SIMULATION AND ANALYSIS OF PERFORMANCES AND DEFECTS IN LT INSTALLATIONS

In this chapter are presented the simulation models for the phenomena affecting the quality of the electricity discussed in the previous chapters. There are currently a large number of tools for simulating power supply systems. Among these, the most commonly used simulation environments in the academic environment are the following: the ElectroMagnetic Transients Program [7-11] EMP (ATP) version, the Power Systems CAD simulator with EMTDC (Electromagnetic Transients including DC) [12-16], MATLAB with the Power System Toolbox [17-21] and the Power System Analysis Toolbox [22-29] and Simulink with the SimPowerSystems [30-42] and Power Analysis Toolbox [43-45] modules. Article [46-49] presents a complete description of the benefits offered by each simulator.

Next, circuits will be simulated in the MATLAB / Simulink environment with the SimPowerSystems module. These circuits are based on the circuit in Figure 6.1 and were developed from the schemes outlined in [33,50,51].



Fig. 6.1 Base circuit used for simulations

The circuit in figure 6.1 contains a 11 kV three phase phase source module that can supply 30 MVA at a frequency of 50 Hz, a 11 / 0.4 kV transformer module with a power of up to 1 MVA and an inductive load module with an active power of 10 kW and a reactive power of 100 VAR. At the simulation, the powergui module is used continuously with the ode23tb solver.

6.1 The shortcircuit regime

To simulate the short circuit, two fault simulation modules are connected to the diagram in Figure 6.1. The first such module is called Fault and allows simulation of a short-circuit event in which one or more phase lines have been accidentally connected. The second module, Multistage Fault, allows simulation of a second short-circuit event. The configuration menus of these modules are shown in Figure 6.2. Two circuits connected to two oscilloscope modules were also added to the circuit, obtaining the circuit shown in figure 6.3. In this section, the simulation duration was set to 0.4 s and the short circuit took place at 0.1 s and it took 0.2 s.

		Electronic test
Brock Parameters: 11kv30MVA Source Feeder	These Preside Di C Land (mark) (bel)	These These Truth (mark) (help)
Three-phase voltage source in series with RL branch.	Three-Phase Parallel KLC Load (mask) (link)	Inree-Phase Pault (mask) (link)
Parameters Load Flow	Implements a three-phase parallel RLC load.	Implements a fault (short-circuit) between any phase and the ground. When the external switching time mode is selected, a
Conferentiers Ma	Parameters Load Flow	Simulink logical signal is used to control the fault operation.
Coniguration: 1g	Configuration Y (grounded)	Parameters
Source	Nominal phase-to-phase voltage Vn (Vrms)	helital statuse 0
Specify internal voltages for each phase	1000	Initial Status: 0
Phase-to-phase voltage (Vrms);	1000	Fault between:
11e3	Nominal frequency fn (Hz):	Phase A Phase B Phase C Ground
Phase angle of phase A (degrees):	50	Switching times (s): [0.1 0.3] External
0	Specify PQ powers for each phase	Fault resistance Ron (Ohm):
Frequency (Hz):	Active power P (W):	1
50	10e3	Ground resistance Rg (Ohm):
Impedance	Inductive reactive Power QL (positive var):	0.01
☑ Internal ☑ Specify short-circuit level parameters	100	Snubber resistance Rs (Ohm):
3-phase short-circuit level at base voltage(VA):	Capacitive reactive power Qc (negative var):	1e6
30e6	0	Snubber capacitance Cs (F):
Base voltage (Vrms ph-ph):	Measurements None •	inf
11e3		Measurements None •
X/R ratio:		
7		
OK Cancel Help Apply	OK Cancel Help Apply	OK Cancel Help Apply

Fig. 6.2 Configuration of the blocks used in the simulation



Fig. 6.3 The circuitul for simulationg the short circuit regime

The results of the simulation are presented in Fig. 6.4-6.5. Next, blue will be the voltage corresponding to Phase A, with red that corresponds to phase B and green for phase C, which forms a three-phase symmetrical system [99]

$$u_A(t) = 6.35\sqrt{2}\sin(\omega t + \varphi)$$

$$u_{B}(t) = 6.35\sqrt{2}\sin(\omega t + \varphi - 2\pi/3)$$
(6.1)

$$u_{c}(t) = 6.35\sqrt{2}\sin(\omega t + \varphi + \frac{2\pi}{3})$$

The first set of results is presented in Figures 6.4.a and 6.5.a, simulating a short circuit between phase A and null before the transformer on the 11 kV bus. These results correspond to the configuration in Figure 6.2.

It should be noted that the simulated short circuit lowered the effective phase voltage from phase A from 6.35 to 1.47 kV. This voltage gap affects both the A phase (from 230 V to 116 V) and the C phase (from 230 V to 164 V) to the consumer. The effects on the phase B after the transformer (on the 0.4 kV bus) are negligible.

In the following experiment (Figures 6.4.b and 6.5.b) a short circuit between Phase A and Phase B is simulated. Effective voltage on the 6.35 kV lines decreases to 4.38 kV for Phase A and 2.04 kV for Phase B . At the consumer, this short circuit resulted in phase A at 53 V, phase B at 175 V and phase C at 225 volts. Small oscillations are also observed (phase C voltage reaching a maximum of 244 V). These oscillations are due to short-circuit phase changes.



(e) Short circuit series: between phase A and phase B, then between A, B and null

Fig. 6.4 Instantaneous phase voltage before and after transformer in short-

circuit



(d) Three-phase short-circuit between Phase A, Phase B and Phase C

(e) Short series: between phase A and phase B, then between A, B and null Fig. 6.5 Effective value of line voltages before and after the transformer in short circuit regime

Figures 6.4.c and 6.5.c show the effects of a short circuit between phase A, phase B and null. The line voltages in phases A and B are at 1.47 kV before passing through the transformer. At the consumer, all three phases are affected: A is at 53 V, B is 117 V, and C is at 164 V.

In Figures 6.4.d and 6.5.d we have a short circuit between all three phases. Before the transformer, the voltages reach the value of 1.47 kV, corresponding to a voltage gap of 53 V after the transformer.

The last set of graphs (Figures 6.4.e and 6.5.e) simulates the effect of short-circuits that occur successively. The first event takes place from 0.1s: a short circuit between Phase A and Phase B, then 0.2 second starts the second event: short-circuit between Phase A, Phase B and Phase B. At the second event, the short-circuit loop impedance is lowered to 0.1 Ω . The line voltage during the first event is the same as in Figures 6.4.b and 6.5.b. At the second event, the decrease in the impedance in the short-circuit loop caused a more significant voltage gap, i.e. an effective consumer voltage of 5.1 V per phase A and around 130 V on the B and C phases.

6.2 Overloads caused by a lightning strike

The circuit in Figure 6.6 simulates transient overvoltages caused by a lightning strike near the transmission lines. The MATLAB / Simulink environment does not have a dedicated model for this phenomenon, so it is necessary to create a simulation block. Figure 6.6.b shows the lightning strike simulation sub-circuit that forms the desired pattern. In this subcircuit, the MATLAB function block contains the waveform generation code of the light pulse generated by lightning:

 $v(t) = Ae^{-\alpha \cdot |t-t_1| \cdot u}$ (6.2)
function v = function_lightning(t,t1,A,u)
alpha=14000;
v = A*exp(-alpha*abs(t-t1))*u;

where A is the magnitude of the pulse (read from variable mag, variable controlled from the module properties, set at 1 kV in the current experiment), t1 is the pulse start time (set at 0.0125 s), and alpha represents the damping factor set to 14000). The impulse generation code also contains the MATLAB functions $\exp(a) = e^{a}$ (exponential function) and $\exp(a) = \begin{cases} a, & \text{dacă } a \ge 0 \\ -a, & \text{dacă } a < 0 \end{cases}$ (module function).

The lightning strike simulation block is connected to the circuit through a 10 Ω and 1 μ H connection. The impedance value controls the simulated distance between the lightning strike and the electrical network. This distance influences in turn the amplitude of the transient overvoltage introduced into the circuit (the smaller the impedance value, the lighter hit closer to the simulated network).

Figure 6.7 shows the effect of the simulated lightning strike with the parameters above. The 1 kV impulse affected all three phases, the perturbation of 0.0125 s being clearly visible in the graph.



a) Main circuit



Fig. 6.6 The lightning strike simulation circuit



Fig. 6.7. The effect of the lightning strike on the instantaneous value of the line voltage

The amplitude of the lightning surge could cause damage to the consumer equipment considered in Chapter 5 - S.C. R.T. Measurement & Control S.R.L., especially those ITs that are most sensitive to overvoltages caused by atmospheric electrical discharges. The effect of the simulated overvoltage resembles that of the consumer and from the discussions with the decision-makers within the company as well as from the consultation of the databases of the National Meteorological Administration it was found

that during the record of the damage no weather phenomena of the type presented above, namely atmospheric electrical discharges.

6.3 Transformer loading

The circuit in Figure 6.8 simulates the effect of the shock shock caused by the magnetic core saturation transformer loading. The switching block is opened in second and closes at 0.06 s, simulating the voltage gap caused by transformer charging.



Fig. 6.8 Circuit for simulating transformer charging

Figure 6.9 shows the voltage gaps caused by charging the transformer in Figure 6.8. The simulation time was set to 0.8 s to keep the waveforms in Figure 6.9.a. The tensions of the three phases A, B, C represented by blue, red and green respectively form a three-phase symmetrical system

$$u_{A}(t) = 11\sqrt{2}\sin(\omega t + \varphi)$$
$$u_{B}(t) = 11\sqrt{2}\sin(\omega t + \varphi - \frac{2\pi}{3})$$
(6.3)

29

$u_{c}(t) = 1 \frac{1}{\sqrt{2}} \sin(\omega t + \varphi + \frac{2\pi}{3})$

For the given circuit, line voltages reach nominal values after approximately 4 seconds. It is also noted that the three phases are affected differently by the transformer charge, the largest gap being observed at Phase A.



30

Fig. 6.10 Harmonic analysis of distortions introduced by transformer charging

Next, the Powergui module is used to visualize the Phase A signal harmonics during transformer charging. The harmonic analysis of a nonsinusoidal periodic function of real time variable (t) that fulfills in the interval of a period T the Dirichlet conditions is represented by the Fourier series development of the function. Thus, the non-inrush voltage functions u (t) and current i (t) have the following Fourier series

$$u(t) = U_0 + \sum_{k=1}^{n} U_k \sqrt{2} \sin(k\omega t + \alpha_k)$$
(6.4)

$$i(t) = I_0 + \sum_{k=1}^{n} I_k \sqrt{2} \sin(k\omega t + \beta_k)$$
(6.5)

where it has been noted: U0, I0, the current components of the voltage and the current, Uk, Ik the actual values of the k-array harmonics of the current voltage and with the α k, β k the initial phases of the harmonics of the order of k of the voltage and the current.The harmonics for the simulation period of 0.2 - 0.4 s are shown in figure 6.10 (together with the Powergui module configuration). In this figure we can see high order 2, 6, 18 and 24 harmonics, typical disturbances when charging a transformer.

6.4 The load over a battery of capacitors

Voltage disturbances introduced by charging a capacitor battery are simulated using the circuit shown in Figure 6.11. Each capacitor battery is connected to the bus through a three-phase switch block. The bank connected before the transformer has a capacity of 100 kVAR and the one after the transformer is 40 kVAR. They can compensate for a power factor of up to 0.857 for an inductive load of 100 kVAR.

The simulation time is set to 0.1s, and both sets of capacitors (before and after the transformer) start charging at 0.023s by switching the status of their switches. The results of this experiment are shown in Figure 6.12. Voltage fluctuations are observed over a period of 0.03 s (the attenuation speed being controlled by the current load). At the consumer, this disturbance resulted in pulses, the instantaneous voltage reaching a maximum of 540 V.



Fig. 6.11 Circuit built to simulate the load of a battery of capacitors



Fig. 6.12 The effect of loading a battery of capacitors over the line tension

6.5 Starting a high power engine

Figure 6.13 shows the circuit used to simulate the start of a high power engine. An interrupt block is also used to connect the motor to the circuit. The simulation time is set to 0.4 s, the motor feed starts at 0.1 s. This simulation initially uses a 75 kW engine, then the experiment is repeated for one of 100 kW. Engine speed is set to radian per second.





The effect of starting 75/100 kW motors on line voltage is shown in figures 6.14 and 6.15. If the motor is of high power, as is the case with this simulation, then the starting currents can be much higher than the values supported by the power supply. In the transient startup mode, the start-up current (Ip) to the motor phase rated current (IN) is set to [100]

$$I_p = (5 \div 8)I_N$$
 (6.6)

The voltage gap caused by the engine start was propagated through the transformer, which is also visible on the 11 kV bus, but the effects on it are negligible. For the 75 kW motor, the effective voltage on this bus goes down to a minimum of about 6240 V (phase C) from a nominal value of 6350 V. And at the 100 kW motor, the effective voltage drops to a minimum of 6190 V. The magnitude of the gap voltage is determined by the

nominal motor power. A high rated motor will cause a more significant gap compared to a lower rated power. This is also reflected in the graphs in figures 6.14 and 6.15. The start of the 75 kW engine made the effective voltage to the consumer reach the minimum value of 208 V from the rated value of 230 V. Starting the 100 kW engine produced a minimum effective voltage of 202 V.



(b) 100 kW motor





225

220 215

210 205 200

0.4 0

0.05

0.1 0.15 0.2

0.35

0.25

0.3

0.2

630

6250

0

0.05 0.1 0.15

transformer when starting a high power motor



0.4

0.35

0.25

(b) Motor de 100kW

Fig. 6.15 Actual value of phase voltage before and after the transformer when starting a high power motor

6.6 Use of an electric arc melting furnace

The MATLAB / Simulink environment does not have a simulation model for an electric arc furnace in basic modules. The model should be done separately using the basic blocks in the Simulink bookstore. Next, the proposed simulation model will be implemented in [33], a model based on the diagrams in [54-62]. The electric arc is modeled by the following relationships:

$$U(i) = \begin{cases} U_{at} + \frac{C}{D+i}, \frac{di}{dt} \ge 0, i > 0, \\ U_{at} \left(1 - e^{-i} h_0 \right), \frac{di}{dt} < 0, i > 0. \end{cases}$$
(6.7)

where: U and i are the voltage and current of the electric arc, Uat is the magnitude of the voltage threshold to which the voltage is approaching as current increases, lo is the time constant of the current in kA, and the constants C and D correspond to the current of the electric arc. The value of the Load Voltage depends on the length of the electric arc.

The corresponding circuit is shown in figure 6.16.a and the subcircuit that forms the electric arc melting furnace module is shown in figure 6.16.b.



a) Main circuit



(b) The sub-circuit for the furnace

Fig. 6.16 Circuit for simulating an electric arc melting furnace

The sub-circuit in Figure 6.16.b contains three voltage controlled sources (one for each phase) and three consumers having a resistive component of 0.01 Ω and an inductive one of 1mH (one consumer for each phase). The sub-circuit also contains three MATLAB function blocks that control voltage sources according to current intensity on the corresponding

phase and a sinusoidal signal received from a wave generator. The sinusoidal signal has a frequency of approximately 8.8 Hz (55.3 rad / s), and the function-type blocks contain the code:

function v=function_EAF(f,i)
c=19000;
d=5000;
m=0.2;
vp=200;
vt=vp+(1+(m*f));
v=sign(i)*(vt+(c/(d+abs(i))));

where f is the value of the sinusoidal signal at that time, i is the intensity of the electric current, c is the power of the spring, d is the arc current, m is the modulation index, vp is the arc voltage threshold, vt is the length of the arc, and v is the value which controls the voltage generator.

Using the arc melting furnace produces a flicker effect on the line voltage, the waveforms on the three phases of the 0.4 kW bus are shown in Figure 6.17. As can be seen from this figure, all three phases are distorted by the flicker effect caused by the arc melting furnace.



Fig. 6.17 The effect of using the arc melting furnace on the line voltage

The disturbances on the sinusoidal waveform presented in Figure 6.17 (caused by the use of the electric arc furnace) also introduce harmonic distortions. These distortions are clearly visible in the spectral analysis chart shown in Figure 6.18. To achieve this graph, the Powergui module was used which captured data with the start of the simulation for 10 cycles, tracking frequencies up to 2 kHz. It is observed the occurrence of high magnitude magnitudes of order 3, 5, 7, 9, 11 and 13, with the maximum at the harmonics of the order 3.



Fig. 6. 18 Harmonic analysis of the distortions introduced by the use of an electric arc melting furnace



Fig. 6.19 The circuit designed to simulate a single-phase non-linear load

6.7 Presence of a single-phase non-linear charge

To simulate disturbances produced by a single-phase non-linear load, the circuit in figure 6.19 is used. The schematic contains a single-phase capacitor with a 2 mF capacitive filter for each phase. The diagram also contains a set of resistive consumers of 10 Ω . The disturbances produced by the non-linear phase load on the phase voltage are shown in Figure 6.20.

The sine wave form on the 0.4 kV bus is distorted at the points corresponding to the angles of 60 ° and 240 °. The disturbances caused by the single-phase nonlinear load are not visible on the 11 kV bus, they are eliminated by the transformer.

Figure 6.21 shows the harmonic analysis chart obtained for the circuit in Figure 6.19. At the 0.4 kV bus, the distortions are present at odd order harmonics. The transformer reduced the magnitude of the distortions, thus at the 11 kV bus, the distortions present at the odd-like harmonics were

reduced (more precisely, the ones smaller than 21) or eliminated (21st or higher).



Fig. 6.20. The effect of the presence of a non-phase one-phase load on the phase voltage

(a) Phase A on the 11 kV bus



(b) Phase A on the 0.4 kV bus

Fig. 6.21 Harmonic analysis of distortions caused by single-phase non-linear

load

6.8 The presence of a non-linear three-phase load

The disturbances caused by a three-phase nonlinear load are simulated with the circuit in figure 6.22. The Phase Lock Loop (PLL) module is used to synchronize the pulse generator, a generator that controls a three-phase rectifier. The control angle of this rectifier is controlled by a variable block with an initial value of 30°.





The perturbations introduced by the three-phase nonlinear load are shown in Figure 6.24. At the consumer, all three phases present pulse of line voltage. Similar to previous consumer disturbances, distortions caused by the three-phase nonlinear load are attenuated by the transformer. Thus, these disturbances present on the 11 kV bus have an attenuated aspect compared to those on the 0.4 kV bus. The position of the voltage pulses is determined by the three-phase rectifier's control angle, and their width is determined by the inductive load in the circuit.

To view the harmonic distortions produced by the pulses in Figure 6.23.a, a harmonic phase voltage analysis is performed on the two bus lines. The results are shown in Figure 6.24. The harmonics of the 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 25, 29, 31, 35 and 37 phases of Phase A of the 0.4 kV bus show strong

distortions. These are also present in the case of the 11 kV bus but their magnitude has been significantly reduced by the passage through the transformer.



Fig. 6.23. The effect of the presence of a non-linear three-phase load on the phase voltage



(b) Phase A on the 0.4 kV bus Fig. 6.24 Harmonic analysis of the distortions caused by the three-phase nonlinear load

CHAPTER 7

CONCLUSIONS

Although the requirements for the quality of the electricity supply service to consumers are increasing, the "electricity" product can never achieve absolute quality and therefore the consumer has to take technical solutions to protect its own facilities, alongside the supplier's actions to improve the quality of the delivered electricity. For some types of quality deviations, the limitation of their effects requires joint action by the electricity and consumer supplier.

An important feature of the power quality is the sinusoidal shape of the voltage acoustic, in practice there is no source that can provide a perfectly sinusoidal voltage, as well, consumers connected to the grid at a given voltage need a current whose amplitude and form is a characteristic of the supplier.

For disturbances on the voltage curve to remain within acceptable limits, it is therefore imperative to impose limits on the perturbing emissions determined on the curve of the electric current absorbed by the consumer. There is a clear need for correlation between the admissible deviations in voltage at the common point of coupling and those of the current absorbed by the consumer.

This thesis proposed a research focused on the analysis of deviations from the quality of electricity supply considering its influence on household and non-household consumers. A careful study of quality is pursued, including by documenting to economic agents, calculation methods and models absolutely necessary for assessing the extent of disturbing phenomena and for identifying methods to limit the negative effects of these deviations. The ultimate goal is to reduce deviations from energy quality to non-household and domestic consumers, and implicitly to lower production costs for small businesses that are heavily dependent on the quality of the power supply service, where each stopping production or increasing scrap may lead to financial imbalance.

The following personal contributions resulted from the research:

• A synthesis report has been developed with reference to low voltage installations, standardized voltages for such installations, types of consumers, the multitude of standards and regulations regarding the energy supply service, as well as the provisions regarding the harmonics of the international and national standards. (CHAPTER 2).

• An extensive study was presented, through an important number of bibliographic references from the literature, which materialized in a synthetic report referring to the requests in the low-voltage electrical networks and the quality indicators in the low-voltage electrical installations. The present stage in the field of ectrical energy quality analysis was taken into consideration, with information on the classification of the electrical network disturbances and the need to reduce them. All these theoretical and applicative issues are studied in the current context of exponential growth of the share of residential and economic consumers in total consumed energy (Chapter 3 and Chapter 4).

• We have dealt with a case study of an important electrical component manufacturer in Prahova County, where two possible deviations from the quality of electricity have been captured, namely a

47

power outage and an overvoltage. The financial losses incurred by the economic unit have been determined (Chapter 5).

 New approaches in the supplier-consumer relationship have also been proposed in this chapter, by improving the current legislative framework and introducing IOT equipment to continuously monitor the quality of electricity (Chapter 5).

 Based on simulation techniques, eight examples of simulation of deviations from the quality of electricity to consumers were modeled, using the MATLAB / Simulink environment with the SimPowerSystems module. For each case the circuits used for the simulation and the graphs of the voltages and / or currents affected by the molded pertubations were presented (Chapter 6).

Directions of development

Considering the multitude of power quality problems, for which there is no single way to solve, the possibility for the final consumer to identify deviations from the quality of the electricity or the supplier's detection of complex network waveform disturbances induced in the network by users, could lead to the identification of new remedies.

As directions for further development we can mention:

In view of the above, we consider that A.N.R.E. to intervene by elaborating an order similar to ANRE Order no. 177/2015 for the approval of the procedure for the granting of households' indemnities for domestic appliances damaged as a result of accidental overvoltages caused by the fault of the network operator, which appeared in the Official Gazette, Part I, no. 971 of 29 December 2015 and to regulate also the non-household consumers sector.
It would also be in the interest of both parties to install measuring devices in the IoT field, possibly embedded in the electricity meter, to permanently monitor the quality of the electricity and to announce, by means of applications on the mobile phone "dispatch distribution", the decision makers from both sides, respectively the consumer - supplier, about the deviations from the energy quality.

These on-line measurement systems that identify deviations from energy quality as well as disturbing effects introduced by economic or household consumers can also be used effectively in smart-grids.

And in this situation, all ANRE should meet the customers through regulation so that they will no longer depend on the supplier for detecting the causes that have caused the damages on the electricity supply line and by which to determine the technical characteristics of a IoT and how it can be installed, as well as who is responsible for purchasing, assembling, etc. [63].

On the other hand, we consider that the supplier is interested in the same extent that the consumer demonstrates that the delivered service is of good quality and is not responsible for any damage to the consumer's network or can warn him, and why not, he can hold the consummer liable for disturbing effects introduced by the consumer himself to the network.

SELECTIVE BIBLIOGRAPHY (out of a total of 103 papers)

[1] Ignat, J., Popovici, C., Cherecheş, C. – *Instalații și rețele electrice de joasă tensiune în clădiri civile*, Universitatea Gheorghe Asachi Iași, 2003.

[2] IEC1000-2-1:1990, "Electromagnetic Compatibility", Part 2: Environment, Section 1: Description of the environment- Electromagnetic environment for low-frequency conducted disturbances and signaling in public power supply systems

[3] IEC 61000-4-30 "Electromagnetic compatibility (EMC) -Part 4-30: Testing and measurement techniques-Power quality measurement methods"

[4] Hermina, A., Golovanov, N., Răşcanu, V., Păun, D., Păun, C., – Sistem de monitorizare al calității serviciului de furnizare a energiei electrice în concordanță cu reglementările din România, Lucrările ştiințifice ale Forumului Regional al Energiei, Neptun, Iunie 15-19, 2008

[5] PE932/93 - Regulamentul de furnizare a energiei electrice la consumatori

[6] PE142/80 -Normativ privind combaterea efectului de flicker în reţelele de distribuţie

[7] Filho J.M.C., ş.a. – *"Validation of Voltage Sag Simulation Tools: ATP and Short Circuit Calculation Versus Field Measurements*". IEEE Transactions on Power Delivery 23, pag. 1472-1480, 2008.

[8] Voltage Sags Indices, IEEE Std. P1564 draft 6, Jan. 2004.

[9] J. M. C. Filho, J. P. G. Abreu, R. C. Leborgne, T. C. Oliveira, D.M. Correia, and J. F. Oliveira, "Comparative analysis between measurements

and simulations of voltage sags," presented at the 10thIEEE Power Eng. Soc. Int. Conf. Harmonics Quality of Power, Rio deJaneiro, Brazil, Oct. 2002.

[10] J. M. C. Filho, J. P. G. Abreu, H. Arango, and J. C. C. Noronha, "Electric power system under voltage sag: A tool for achieving compatibility," in Proc. 9th IEEE Power Eng. Soc. Int. Conf. Harmonics Qualityof Power, Orlando, FL, Oct. 2000, vol. 3, pp. 784–789.

[11] J. M. C. Filho, J. P. G. Abreu, T. C. Oliveira, O. A. S. Carpinteiro, C.B. R. Junior, F. A. Oliveira, R. P. Gomes, S. G. Carvalho, and D. N.Gonçalves, "A software for voltage sags strategic studies," presented atthe 11th IEEE Power Eng. Soc. Int. Conf. Harmonics Quality of Power,Lake Placid, NY, Sep. 2004.

[12] Patne N.R., Thakre K.L. – "Stochastic Estimation of voltage Sag Due to Faults in the Power System by Using PSCAD/EMTDC Software as a Tool for Simulation", Journal of Electrical Power Quality and Utilisation 13, pag. 59-63, 2007.

[13] Bollen M .H .J . : Understanding Power Quality Problems; Voltage Sags and interruptions. ser. IEEE Press Series on Power Engineering, Piscataway, NJ, 2000.

[14] Juarez E. E. , Hernandez A.: An analytical approach for stochastic assessment of balanced and unbalanced voltage sags in large system. In IEEE Transaction on Power Delivery, Vol.21, No.3, July 2006.

[15] Moschakis M.N., Hatziargyriou N.C.: Analytical calculation and stochastic assessment of voltage sags. IEEE Transaction on Power Delivery, Vol.21, No., July 2006.

[16] Anaya - Lara O., Acha E.: Modeling and Analysis of Custom Power Systems by PSCAS/EMTDC. IEEE transaction on Power Delivery, Vol. 17, No. 1, January 2002.

[17] Hadi S. – "Power System Analysis", McGraw Hill, 2004.

[18] Ntombela M., ş.a. – "An Investigation into the Capabilities of MATLAB Power System Toolbox for Small Signal Stability Analysis in Power Systems", IEEE PES Conference and Exposition, 2005.

[19] J. G. Slootweg, J. Persson, A. M. van Voorden, G. C. Paap, W.
L. Kling, A Study of the Eigenvalue Analysis Capabilities of Power System Dynamics Simulation Software, 14 PSCC, Sevilla, 24 - 28 June, 2002.

[20] J. Persson, J. G. Slootweg, L. Rouco, L. SÖder, and W. L. Kling, A Comparison of Eigenvalues Obtained with Two Dynamic Simulation Software Packages, Accepted for presentation at 2003 IEEE Bologna Power Tech Conference, 23 - 26 June, Bologna, Italy, Paper 0-7803-7967-5/03.

 [21] J. G. Slootweg, J. Persson, A. M. van Voorden, G. C. Paap, W.
 L. Kling, A Study of the Eigenvalue Analysis Capabilities of Power System Dynamics Simulation Software, 14 PSCC, Sevilla, 24 - 28 June, 2002.

[22] Milano F. – "An Open Source Power System Analysis Toolbox", IEEE Transaction on Power Systems 20, pag. 1199-1206, 2005.

[23] Vanfretti L., Milano F. – "Application of the PSAT, an Open Source Software forEducational and Research Purposes", IEEE PES General Meeting, 2007.

[24] M. Larsson, "ObjectStabān educational tool for power system stability studies", IEEE Trans. Power Syst., vol. 19, no. 1, pp. 56-63, Feb. 2004.

[25] J. H. Chow, K. W. Cheung, "A toolbox for power system dynamics and control engineering education and research", IEEE Trans. Power Syst., vol. 7, no. 4, pp. 1559-1564, Nov. 1992.

[26] A. H. L. Chen, C. O. Nwankpa, H. G. Kwatny, X. Yu, "Voltage stability toolbox: an introduction and implementation", Proc. 28th North American Power Symp., Nov. 1996.

[27] F. Milano, PSAT Matlab-Based Power System Analysis Toolbox, 2002.

[28] M. Kezunovic, G. H. A. Abur, A. Bose, and K. Tomsovic, "The Roleof Digital Modeling and Simulation in Power Engineering Education,"in IEEE Transactions on Power Systems, no. 1, Feb. 2004, pp. 64–72.

[29] J. Chow, F. F. Wu, and J. Momoh, Applied Mathematics for RestructuredElectric Power Systems. Springer-Verlag, 2005, reference in Chapter8, Instability Monitoring and Control of Power Systems, by E. H. Abed,M. A. Hassouneh and M. S. Saad.

[30] Sybille G., Hoang L.H. – "Digital Simulation of Power Systems and Power Electronics using the MATLAB/Simulink Power System Blockset", IEEE PES Winter Meeting 4, pag. 2973-2981, 2000.

[31] Sybille G., ş.a. – "Theory and Applications of Power System Blockset, A MATLAB/Simulink-Based Simulation Tool for Power Systems", IEEE PES Winter Meeting 1, pag. 774-779, 2000.

[32] Dessaint L.A., ş.a. – "A Power System Simulation Tool Based on Simulink", IEEE Transactions on Industrial Electronics 46, pag. 1252-1254, 1999.

[33] Tan, R.H.G., Ramachandaramurthy V.K. - "A Comprehensive Modeling and Simulation of Power Quality Disturbances Using MATLAB/SIMULINK", Power Quality Issues in Distributed Generation. InTech, 2015.

[34] Guzman, A; Mooney, J. B; Benmouyal, G; Fischer, N. (2002).Transmission Line Protection System for Increasing Power System

Requirements. 55th Annual Conference for Protective Relay Engineers, College Station, Texas, (April 2002).

[35] W. Long et al., "EMTP a powerful tool for analyzing power system transients," IEEE Comput. Appl. Power, vol. 3, pp. 36–41, July 1990.

[36] Abou El Ela, A.A., Abido, M.A., Spea, S.R. 2010. Optimal power flow using differential evolution algorithm, Electric Power Systems Research, Vol. 80, pp. 878–885.

[37] Fried, S.O., Kharbawe, N. E., A. Edris, 2010. The use of static Compensator for improving power system stability in response to selective pole Switching, IEEE-ISGT Europe, pp. 1-6.

[38] Ghamgeen Izat Rashed, Yuanzhang Sun, Optimal Placement of Thyristor Controlled Series Compensation for Enhancing Power System Security Based on Computational Intelligence Techniques, Procedia Engineering, Vol. 15, pp. 908-914, 2011

[39] McGranaghan M, Roettger B (2002) Economic Evaluation of Power Quality, IEEE Power Engineering Review, 22: 8-12.

[40] McGranaghan M, Santoso S (2007) Challenges and Trends in Analyses of Electric Power Quality Measurement Data, EURASIP Journal on Advances in Signal Processing.

[41] McEachern A (2007) A Free SimulatorProgram for Teaching Power Quality Concepts, 9th International Conference Electrical Power Quality and Utilisation.

[42] Bam L, Jewell W (2005) Review: Power System Analysis Software Tools, IEEE PES General Meeting 1: 139-144.

[43] Schoder K., ş.a. – "PAT: A Power Analysis Toolbox for MATLAB/Simulink". IEEE Transactions on Power Systems 18, pag. 42-47, 2003.

[44] K. Schoder, A. Hasanović (Hasanovic), A. Feliachi, "Load-flow and dynamic model of the Unified Power Flow Controller (UPFC) within the Power System Toolbox (PST)", Proc. IEEE Midwest Symp. Circuits Syst., 2000.

[45] K. Schoder, A. Hasanović (Hasanovic), A. Feliachi, "Power system damping using fuzzy controlled unified power flow controller", Proc. IEEE Power Eng. Soc. Winter Meeting, 2001.

[46] Bam L., Jewell W. – *"Review: Power System Analysis Software Tools*", IEEE PES General Meeting 1, pag. 139-144, 2005.

[47] N. N. Bengiamin, F. H. Holcomb, "PC-Based Power Systems Software: Comparing Functions and Features", IEEE Trans. Computer Applications in Power, vol. 5, no. 1, pp. 35-40, Jan. 1992.

[48] J. D. Glover, M. Sarma, Power System Analysis and Design, Boston, MA:PWS Publishing Company, pp. 253.

[49] D. T. Rizy, R. H. Staunton, "Evaluation of Distribution Analysis Software for DER Applications", ORNL/TM-2001/215, Sep. 2002.

[50] I. Marinescu, **B. Botea**, H. Leonard Andrei, Critical Infrastructure Risk Assessment of Romanian Power Systems, 2017 5th International Symposium on Electrical and Electronics Engineering (ISEEE), Galați 2017.

[51] **B. Botea**, I. Marinescu, C. Drăgoi, H. Leonard Andrei, Modeling, simulation and analysis of disturbances and defects in low voltage installations, The Scientific Bulletin of Electrical Engineering Faculty-SBEEF 1/2019, ISSN 2286-2455, pp. 49-57, 2019.

[52] H. Andrei, P.C. Andrei, G. Oprea, **B. Botea**, Basic Equations of Linear Electric and Magnetic Circuits in Quasi-stationary State Based on Principle of Minimum Absorbed Power and Energy, Proc. IEEE-ISFEE, Bucharest, 28-29 Nov, IEEExplore, ISI, ISBN: 978-1-4799-6821-3, pp. 138, 2014

[53] **B. Botea**, M.F. Stan, Overview of current research regarding the development of ultra powerful magnets without the use of rare earth, The Scientific Bulletin of Electrical Engineering Faculty, 2014, year 14, no. 1 (25), B+, ISSN 1843-6188, pp. 18-22, 2014.

[54] Bhonsle D.C., Kelkar R.B. – *"Simulation of Electric Arc Furnace Characteristics for Voltage Flicker Study using MATLAB"*, International Conference on Recent Advancements in Electrical, Electronics and Control Engineering, pag. 174-181, 2011.

[55] Golkar M.A., Tavakoli Bina M., Meschi S. – "A Novel Method of Electrical Arc Furnace Modeling for Flicker Study", International Conference on Renewable Energies and Power Quality, pag. 1-8, 2007.

[56] Wu Ting, Song Wennan, Zhang Yao, "A New Frequency Domain Method for the Harmonic Analysis of power system with Arc Furnace", proceeding of the 4th international conference on advances in power system control, 1997.

[57]Tongxin Zheng, ElhamB.Makram, Adly A.Girgis. "Effect of Different Arc Furnace Models on Voltage Distortion", IEEE 1998.

[58] Omer Ozgun, Ali Abur, "Development of an Arc Furnace Model for Power Quality Studies", IEEE, 1999.

[59] Omer Ozgun, Ali Abur, "Flicker Study Using a Novel Arc Furnace Model", IEEE transaction on power delivery Vol.17, No.4, 2002.

[60] Zheng T., Makram E. B. and Girgis A. A., "Effect of different arc furnace models on voltage distortion", IEEE Transactions , International Conference on Harmonics and Quality of Power, 14-18 October 1998, Volume 2, pp. 1079-1085.

[61] Rahmatallah Hooshmand, Mahdi Banejad and Mahdi Torabian Esfahani, "A New Time Domain Model for Electric Arc Furnace", Journal of Electrical Engineering, Vol. 59, No. 4, 195-202, 2008.

[62] Mahdi Banejad, Rahmat-Allah Hooshmand and Mahdi Torabian Esfahani, "Exponential-Hyperbolic Model for Actual Operating conditions of Three Phase Arc Furnaces", American Journal of Applied Scinces 6 (*):1539-1547, 2009.

[63] **B. Botea**, I. Marinescu, New approaches in the consumer supplier relationship regarding malfunctions in the electroenergetic systems and from the persepctive of the IoT development, The Scientific Bulletin of Electrical Engineering Faculty – SBEEF, ISSN 2286-2455, pp. 48-53, 2017.



Europass Curriculum Vitae

Personal information	
First name(s) / Surname(s)	Botea Bogdan
Address	Câmpina, Prahova County, Romania
Telephone(s)	Mobile:
E-mail	
Nationality	Romanian
Date of birth	
Gender	Male
Work experience	
Deter	
Dates	1999-2000 – Information Technology teacher, Mechanic Profile High school 01 01 2001 – 31 01 2005 – Network Administrator
	01.02.2005 – 14.02.2016 – System Engineer
	15.02.2016 – present, Chief of the Informatics and Communication Department
Occupation or position held	Chief of the Informatics and Communication Department
Main activities and responsibilities	IT
Education and training	
Dates	1988-1992
Title of qualification awarded	Baccalaureate Diploma
Principal subjects/occupational skills covered	Electrotechnics
Name and type of organisation providing education and training	Energetic School Group
Dates	1994-1997
Title of gualification awarded	Graduation Diploma
Principal subjects/occupational skills	Electromechanics
covered	
Name and type of organisation	Petroleum-Gas University, Ploiesti, Romania
providing education and training	Mechanical and electrical Engineering Faculty

Level in national or international classification Higher education/ University - 3 years

Dates 1998

Title of qualification awarded Graduation Certificate Principal subjects/occupational skills covered Teaching Department

Name and type of organisation providing education and training

Title of qualification awarded

Petroleum – Gas University

Dates 1999

Graduation Certificate

Principal subjects/occupational skills covered

Name and type of organisation providing education and training

Post-university Course – programming analyser on compatible stations on IBM-PC compatible stations

Informatics Training Centre, Bucharest

2000-2004 Bachelor Diploma Law I.C. Dragan European University, Lugoj Law Faculty in Brasov High level studies – 4 years

2003 Graduation Certificate After-university training course – system engineers Informatics Training Centre, Bucharest

2004-2005 After-university studies diploma in Criminal Sciences domain Al. Ioan Cuza police Academy, Bucharest Law Faculty

2004-2006 Post-university specialization course in Informatics Petroleum-Gas University, Ploiesti, Romania Faculty of languages and Sciences

2011 Further Training Certificate Educational management Ministry of Education, Research, Youth and Sports General Management Department, Human Resources and School Network

2008-2012 Bachelor Diploma Electrotechnics Valahia University, Targoviste Electrical Engineering, Electrotechnics and Information Technology Faculty Long term studies

2012-2014 Master Degree Electrical Engineering Valahia University, Targoviste Electrical Engineering, Electrotechnics and Information Technology Faculty Master Studies

Personal skills and competences								
Mother tongue(s)	Roman	ian						
Other language(s)								
Self-assessment	Understanding				Speaking			Writing
European level (*)	Lis	stening	Reading	Sp	oken interaction	Spoken production		
English	B2		B2	B2		B2	B2	
Russian	A2		A2	A2		A2	A2	
Social skills and competences	Team s	pirit, adaptal	bility to multicultur	al er	nvironment, goo	d communication s	kills	
Organisational skills and competences	Organizi coordinat	ng spirit, ex ion, budget	kperience in maki management	ng p	projects as wel	l as putting them i	nto	practice, team
Technical skills and competences	Advanc domain	ed knowledg , advanced k	ge in system and e knowledge in Crim	elect ninal	trical engineerin Sciences	g, solid knowledge	in In	formatics
Driving licence	B categ	ory						
Additional information	-							