



**Universitatea POLITEHNICA din București**  
**Școala Doctorală Energetică**

**Teză de doctorat:**

**ANALIZA INFLUENȚEI SISTEMELOR DE  
PROTECȚIE ASUPRA CALITĂȚII ENERGIEI  
ELECTRICE**

**REZUMAT**

**Doctorand:**

**Ing. Grațian Mihai FIERĂSCU**

**Conducător de doctorat:**

**Prof. dr. ing. Radu Florin PORUMB**

**București**

**2021**

Cuprins:

Lista abrevierilor.....	8
Lista figurilor.....	11
Lista tabelelor.....	15
CAPITOLUL 1 – Generalități.....	20
1.1 Introducere.....	20
1.2 Obiectivele tezei.....	20
1.3 Importanța și actualitatea subiectului.....	20
1.4 Structura tezei.....	21
CAPITOLUL 2 – Relee de protecție și funcționalitatea acestora.....	22
2.1 Definiții.....	22
2.2 Cerințele impuse protecției prin relee.....	23
2.2.1 Rapiditatea.....	23
2.2.2 Selectivitatea.....	24
2.2.3 Sensibilitatea protecției.....	24
2.2.4 Fiabilitatea.....	25
2.2.5 Independența releelor față de condițiile de exploatare.....	25
2.3 Tipuri de protecții în funcție de rolul în sistem.....	25
2.3.1 Protecția de bază.....	25
2.3.2 Protecția de rezervă.....	25
2.3.3 Protecții auxiliare.....	26
2.4 Tipuri de protecții în funcție de mărimea controlată și de modul de acționare.....	26
2.4.1 Protecția de curent electric.....	27
2.4.2 Protecția de tensiune.....	28
2.4.3 Protecția direcțională.....	28
2.4.4 Protecția diferențială.....	29
2.4.5 Protecția de distanță.....	30
2.4.6 Protecția cu filtre (de secvență zero).....	31
2.5 Protecția instalațiilor electrice.....	32
2.5.1 Sisteme de protecție pentru celulele de 20kV – 50 Hz.....	35
2.6 Clasificare releelor de protecție.....	40
2.6.1 Relee Electromagnetice.....	40

2.6.2 Relee de inducție.....	41
2.6.3 Relee electromecanice sau electrodinamice.....	41
2.6.4 Relee statice sau electronice.....	41
2.6.5 Relee digitale sau numerice.....	41
2.6.6 Stabilirea tipurilor de relee studiate și comparație între acestea.....	42
CAPITOLUL 3 – Aspecte moderne ale calității energiei electrice și prezentarea daunelor asociate variației indicatorilor de fiabilitate.....	
3.1 Calitatea energiei electrice și componente primare și secundare ale parametrilor de fiabilitate .....	44
3.1.1 Variația frecvenței.....	44
3.1.2 Armonice.....	46
3.1.3 Întreruperi.....	46
3.1.4 Goluri de tensiune.....	48
3.2 Indicatori pentru evaluarea calității serviciului de alimentare cu energie electrică.....	49
3.2.1 Indicatori pentru rețelele electrice de distribuție.....	50
3.2.2 Indicatori pentru rețelele electrice de transport.....	52
3.3 Influența calității energiei electrice asupra releelor de protecție.....	54
3.3.1 Impactul armonicilor asupra releelor de protecție.....	56
3.3.2 Impactul deviațiilor de frecvență asupra releelor de protecție.....	57
3.4 Reglementări generale privind calitatea energiei electrice.....	58
3.4.1 Reglementări privind standardele de performanță pentru serviciul de distribuție al energiei electrice.....	59
3.4.2 Compensații pentru nerespectarea indicatorilor de calitate a energiei electrice.....	60
3.5 Daune asociate abaterilor de la indicatorii de calitate.....	60
3.5.1 Daune asociate variațiilor de frecvență.....	62
3.5.2 Daune asociate abaterilor tensiunii în afara benzii admise.....	63
3.5.3 Daune asociate golurilor de tensiune și întreruperilor de scurtă durată.....	64
3.5.4 Daunele asociate distorsiunii curbilor tensiunii de alimentare.....	68
3.5.5 Daune asociate întreruperilor de la alimentarea cu energie electrică.....	69
CAPITOLUL 4 – Probabilități și statistică aplicată în energetică.....	
4.1 Modelare statistică și corelații în inginerie energetică.....	71
4.2 Corelații statistice.....	72
4.2.1 Coeficientul corelației liniare Pearson.....	75
4.6 Tipuri de erori ale metodelor de prognoză.....	77

CAPITOLUL 5 – Studiul Aplicativ:.....	78
Analiza statistică și tehnico-economică a influenței releelor numerice și clasice asupra calității energiei electrice.....	78
5.1 Introducere.....	78
5.2 Etapa 1: Stabilirea parametrilor studiați și identificarea caracteristicilor tehnice.....	79
5.2.1 Indicatori locali și globali.....	79
5.2.2 Indicatori de fiabilitate.....	81
5.2.3 Caracteristici tehnice ale releelor analizate.....	83
5.2.4 Analiza structurii sistemului de distribuție.....	84
5.3 Etapa 2: Analiza statistică a indicatorilor secundari de calitate a energiei electrice.....	85
5.3.1 Identificarea parametrilor de fiabilitate pentru releele de protecție analizate.....	85
5.3.2 Stratificarea rețelei test.....	87
5.3.3 Extragerea matricelor L și $\Gamma$ din rețeaua-test.....	89
5.3.4 Implementarea algoritmului de calcul – Matlab.....	90
5.3.5 Metoda Monte Carlo secvențială.....	91
5.3.6 Simularea în programul Matlab.....	92
5.3.7 Rezultatele simulării în Matlab.....	93
5.3.8 Concluzii referitoare la Etapa 2.....	102
5.4 Etapa 3: Evaluarea distribuțiilor de probabilitate ale indicatorilor de calitate, durată de întrerupere și număr de întreruperi, pentru rețeaua test de distribuție.....	103
5.4.1 Analiza simulativă.....	103
5.4.2 Rezultatele analizei simulative.....	103
5.4.2.1 Rezultatele obținute pentru Scenariul 1 - Relee numerice.....	103
5.4.2.2 Rezultatele obținute pentru Scenariul 2 - Relee clasice.....	106
5.4.3 Curbe de distribuție probabilistică.....	109
5.4.3.1 Curbe de distribuție probabilistică pentru releele numerice.....	110
5.4.3.2 Curbe de distribuție probabilistică pentru releele clasice.....	112
5.4.4 Curbe de distribuție cumulative.....	114
5.4.4.1 Curbe de distribuție cumulative pentru releele numerice.....	114
5.4.4.2 Curbe de distribuție cumulative pentru releele clasice.....	116
5.4.5 Corelație între scenariile studiate cu aplicarea coeficientului Pearson.....	118
5.4.6 Concluzii referitoare la Etapa 3.....	127
5.5 Etapa 4: Confirmarea rezultatelor obținute (date situația reală – date simulate).....	127
5.5.1 Determinarea erorilor de tip MSE, RMSE și MAPE.....	127

5.5.2 Situația reală a indicatorilor de calitate – SDEE Muntenia Nord.....	128
5.5.2.1 Situația reală a indicatorilor de calitate din SDEE Buzău.....	128
5.5.2.2 Situația reală a indicatorilor de calitate din SDEE Focșani.....	130
5.5.2.3 Situația reală a indicatorilor de calitate din SDEE Târgoviște.....	131
5.5.2.4 Situația centralizată a indicilor de calitate pentru cele trei stații.....	133
5.5.3 Rezultatele aplicării erorilor de tip MSE, RMSE și MAPE asupra rezultatelor simulate	135
5.5.3.1 Rezultatele aplicării erorilor de tip MSE, RMSE și MAPE pentru SDEE Buzău.....	135
5.5.3.2 Rezultatele aplicării erorilor de tip MSE, RMSE și MAPE pentru SDEE Focșani.....	146
5.5.3.3 Rezultatele aplicării erorilor de tip MSE, RMSE și MAPE pt. SDEE Târgoviște.....	158
5.5.4 Concluzii pentru aplicarea erorilor MSE, RMSE și MAPE asupra scenariilor simulative	170
5.5.4.1 Concluzii generale.....	170
5.5.4.2 Concluzii pentru aplicarea erorilor în SDEE Buzău.....	170
5.5.4.3 Concluzii pentru aplicarea erorilor în SDEE Focșani.....	171
5.5.4.4 Concluzii pentru aplicarea erorilor în SDEE Târgoviște.....	171
5.6 Etapa 5: Prognoza economică a timpilor de întrerupere pentru scenariile simulative studiate	172
5.6.1 Realizarea prognozei economice a timpilor de întrerupere.....	172
5.6.2 Concluzii pentru prognoza economică a timpilor de întrerupere.....	182
5.7 Etapa 6: Recompensarea utilizatorilor.....	183
Concluzii.....	187
C1 – Concluzii generale.....	187
C2 – Contribuții originale.....	187
C3 – Perspective de dezvoltare ulterioară.....	187
Bibliografie.....	189

**Cuvinte cheie:** relee de protecție, relee digitale, relee analogice, calitatea energiei electric, ETAP, Matlab, Monte Carlo,

## 1 Introducere

Problemele de calitate a energiei electrice, importante pentru funcționarea sistemelor energetice în ansamblu, au căpătat în ultimii ani o actualitate și o importanță deosebită mai ales din cauza apariției unor consumatori din ce în ce mai sensibili la perturbații.

Această situație a făcut ca în etapa actuală să existe o preocupare permanentă pentru calitatea energiei electrice, planificarea, monitorizarea, standardizarea emisiilor perturbatoare și stabilirea nivelurilor de compatibilitate atât pe plan internațional, european cât și la nivel național.

Subiectul propus în această teză răspunde preocupărilor din prezent referitoare la calitatea energiei electrice furnizate și identificarea zonelor de abatere a parametrilor de fiabilitate raportați la protecția sistemelor prin relee.

## 2 Obiectivele tezei

Obiectivele acestei teze au apărut din necesitatea reală a unei mai bune cunoașteri a zonelor de impact asupra indicatorilor calității energiei electrice, având în vedere că sistemele electroenergetice actuale devin din ce în ce mai încărcate și sensibile din cauza creșterii alimentării cu energie atât pe partea consumatorilor industriali cât și a celor rezidențiali.

Prin realizarea unui studiu simulativ, obiectivul principal al acestei teze îl reprezintă obținerea unor noi seturi de informații privind indicatorii de calitate a energiei electrice raportați la funcționalitatea în sistemele electroenergetice a protecțiilor prin relee. Pornind de la bazele teoretice și reglementările actuale din domeniul energetic, lucrarea este orientată pe studiul influențelor releelor de protecție asupra și dinspre sistemul energetic din punct de vedere al calității energiei electrice furnizate către utilizatori.

În baza studiului simulativ realizat, pe lângă identificarea comportamentului releelor de protecție asupra calității energiei electrice, prezenta lucrare își propune să identifice și zonele ce necesită modificări legislative asupra reglementărilor și normativelor aflate în vigoare în domeniul energetic.

## 3 Importanța și actualitatea subiectului

Tendința actuală de dezvoltare a rețelelor electrice inteligente, implementarea largă a surselor de generare distribuită și a surselor regenerabile de energie precum și exigențele specifice pieței de energie electrică au determinat creșterea preocupărilor privind calitatea energiei electrice furnizată utilizatorilor finali. Caracterul variabil al energiei generată de sursele regenerabile, posibilitatea participării utilizatorilor la piața de energie electrică în calitate de utilizator activ (producător și utilizator), posibilitatea funcționării insularizate a microrețelor inteligente, creșterea substanțială a echipamentelor controlate electronic, pot determina variații mari ale fluxurilor de putere în rețelele electrice de transport și de distribuție precum și propagarea, în rețelele electrice, a unor importante perturbații electromagnetice cu efecte negative asupra indicatorilor de calitate a energiei electrice.

Asigurarea nivelului de calitate a energiei electrice la utilizatorii finali depinde atât de acțiuni ale furnizorului de energie cât și ale utilizatorilor activi. Principala măsură care trebuie adoptată pentru menținerea calității energiei electrice în rețea constă în stabilirea nivelului alocat de perturbații pentru fiecare utilizator astfel ca la nivelul rețelei să se asigure nivelul de calitate impus prin normative.

## 4 Structura tezei

Analizând și studiind mai mult de 80 lucrări bibliografice, științifice din domeniul energetic, această teză este structurată în 5 capitole ce conțin informații consistente și de actualitate, prezentate în aproximativ 200 de pagini. Capitolele tezei sunt structurate după cum urmează:

- **Capitolul 1** reprezintă o introducere în studiul realizat prin prezentarea obiectivelor și structurii tezei, punctând importanța și actualitatea subiectului studiat;
- **Capitolul 2** se concentrează pe trasarea noțiunilor teoretice de bază privind releele de protecție și rolul acestora în sistemele energetice. În plus, sunt trasate cerințele impuse protecțiilor prin relee cu precizarea tipurilor de protecție în funcție de rolul în sistem sau în funcție de mărimea controlată. În acest capitol sunt clasificate și tipurile de relee existente, punctând diferențele tehnice de la o generație la alta;
- **Capitolul 3** prezintă aspectele teoretice generale privind calitatea energiei electrice, standardele și reglementările în vigoare, cu evidențierea componentelor primare și secundare ale calității energiei electrice. În acest capitol sunt prezentate și noțiunile teoretice referitoare la indicatorii necesari pentru evaluarea calității serviciului de alimentare cu energie electrică și impactul perturbărilor de sistem asupra releelor de protecție. În acest capitol sunt prezentate și informații referitoare la normativele generale în vigoare privind calitatea energiei electrice cu identificarea reglementărilor referitoare la compensațiile oferite pentru nerespectarea indicatorilor de performanță în alimentarea cu energie electrică. În partea finală a capitolului sunt introduse și prezentate noțiunile de bază referitoare la daunele asociate abaterilor de la indicatorii de calitate ai energiei electrice.
- **Capitolul 4** introduce noțiunile teoretice de bază referitoare la probabilități și statistică aplicată, noțiuni ce au fost utilizate în studiul aplicativ al acestei teze. Sunt prezentate în acest capitol și metodele statistice de probabilitate și corelații.
- **Capitolul 5** reprezintă partea de aplicație a tezei în care s-a realizat o analiză statistică și tehnico-economică a influenței releelor de protecție asupra calității energiei electrice. Acest studiu își propune să identifice modul de funcționalitate al diferitelor tipuri de protecție în sistemele energetice din punct de vedere al parametrilor de calitate ai energiei electrice. Capitolul final este orientat spre stabilirea concluziilor și perspectivelor, precum și spre sublinierea tuturor aspectelor originale ale acestei teze.

Partea teoretică a tezei de doctorat, cuprinsă în primele 4 capitole, se concentrează pe prezentarea noțiunilor de bază privind calitatea energiei electrice în raport cu impactul în funcționalitatea releelor de protecție în sistemele electroenergetice, cu orientare în prezentarea noțiunilor utilizate în realizarea studiului aplicativ prezentat în capitolul 5. Această parte a fost redactată studiind și analizând un volum de peste 80 articole și lucrări bibliografice, realizându-se un studiu comparativ al informațiilor existente și publicate în domeniul energetic, cu scopul de a prezenta teoria într-o formă de actualitate și raportată la subiectul tezei.

## 5 Studiul simulativ

În cadrul capitolului 5 sunt prezentate rezultatele obținute și metodele utilizate pe cale simulativă pentru evaluarea comportamentului releelor de protecție de tip clasic și numerice în raport cu indicatorii de calitate a energiei electrice. Studiul aplicativ are ca principal scop identificarea influențelor releelor de protecție asupra și dinspre rețelele electrice de distribuție, influențe raportate la nivelul calității energiei electrice.

Studiul simulativ a fost realizat pornind de la o schemă electrică de distribuție reală ce a fost transpusă și implementată sub formă de algoritm de calcul pentru evaluarea unui set de parametri de fiabilitate (timpul și numărul de întreruperi, puterea și energia nefurnizate)

raportați la două scenarii (relee de protecție de tip numerice și relee de protecție clasice). Studiul realizat cuprinde următoarele etape:

- **Etapa 1:** Stabilirea parametrilor studiați și identificarea caracteristicilor tehnice → etapă prezentată în capitolul 5.2. În această etapă sunt identificați parametrii studiați începând de la indicatorii de fiabilitate până la caracteristicile releelor studiate (relee numerice și relee clasice) și structura sistemului de distribuție utilizat;
- **Etapa 2:** Analiza statistică a indicatorilor secundari de calitate a energiei electrice → etapă prezentată în capitolul 5.3. În această etapă sunt prezentate rezultatele simulărilor realizate pe rețeaua test implementată cu algoritm de funcționare și metodă probabilistică de calcul (metoda Monte Carlo) pe cele două scenarii studiate (relee digitale și relee numerice);
- **Etapa 3:** Evaluarea distribuțiilor de probabilitate ale indicatorilor de calitate, timp de întrerupere și număr de întreruperi pentru rețeaua test de distribuție → etapă prezentată în capitolul 5.4. În această etapă sunt prezentate rezultatele obținute pe rețeaua test pentru curbele de distribuție probabilistice și corelații între scenariile studiate;
- **Etapa 4:** Metoda de confirmare a rezultatelor obținute (simulat – real) → etapă prezentată în capitolul 5.5. În această etapă au fost determinate erorile de tip MSE, RMSE și MAPE pentru rezultatele simulate comparativ cu o situație reală;
- **Etapa 5:** Analiza prognozei tehnico-economice a timpilor de întrerupere pentru rețeaua test studiată → etapă prezentată în capitolul 5.6.
- **Etapa 6:** Propunerea unei formule de calcul pentru recompensarea utilizatorilor → etapă prezentată în capitolul 5.7.

## 6 Concluzii

### C1 – Concluzii generale

- A fost implementat cu succes un algoritm matematic realizat în programul MATLAB care să simuleze regimul de funcționare real al sistemelor de medie tensiune având în componență activă atât echipamentele de comutație cât și de protecție prin relee;
- Algoritm realizat pentru simularea rețelelor electrice a fost implementat având ca metodă probabilistică de apariție a defectelor în sistem, metoda Monte Carlo;
- În algoritmul de simulare a fost implementată ca rețea test, schema monofilară a rețelei electrice a UPB cu identificarea caracteristicilor de calitate (probabilitatea de conectare și probabilitatea de selectivitate a întreruptorului) pentru releele de protecție utilizând datele comparative obținute atât din simulările realizate pe rețeaua test în programul ETAP cât și din manualele de utilizare ale releelor de protecție de la mai mulți producători. Au fost trasate astfel 2 scenarii de studiu (Scenariul 1 având în componență relee numerice și Scenariul 2 având în componență relee clasice);
- Rezultatele obținute pe rețeaua test implementată în algoritmul de simulare au fost comparate cu valorile analitice ale indicatorilor de fiabilitate, demers ce a scos în evidență faptul că metoda Monte Carlo aplicată datelor se încadrează în intervalul de încredere de 95% față de datele obținute din cadrul sistemului fizic.
- Din graficele curbelor de probabilitate corelate între scenarii se poate observa că releele numerice prezintă o selectivitate mai bună și o durată de răspuns mai mică în comparație cu releele clasice;
- Compararea rezultatelor simulate cu datele obținute din sistemul fizic (situația reală înregistrată în 3xSDEE diferite, scheme electrice asemănătoare cu rețeaua test) confirmă corectitudinea studiului realizat și identifică o creștere de 15% a duratei de întrerupere pentru releele de generație mai veche (Scenariul 2, relee clasice) în comparație cu releele moderne, relee numerice (Scenariul 1). Se poate concluziona că sistemele având în



componentă relee de generație mai veche aduc anual costuri suplimentare prin perioada mai mare de întrerupere cu 15% mai mult față de relele de generație mai nouă.

## C2 – Contribuții originale

- Algoritm realizat pentru simularea rețelelor de distribuție poate fi utilizat pentru orice schema monofilară prin stratificarea liniilor și a nodurilor și prin extragerea matricelor de incidență și implementarea în algoritm;
- A fost realizat un studiu complex referitor la influența calității energiei electrice asupra și dinspre partea de protecții prin relee, comparând 2 generații diferite de relee de protecție;
- Ținând seama de rezultatele obținute în studiul realizat, a fost propusă o formulă pentru recompensarea utilizatorilor ce au în componența sistemelor interne relee de generație nouă.

## C3 – Perspective de dezvoltare ulterioară

- Algoritm ce poate fi îmbunătățit prin utilizarea algoritmilor de inteligență artificială în vederea reducerii timpilor de analiză precum și a erorilor ce pot apărea în urma analizei numerice;
- Publicarea unor articole în literatură de specialitate din România care să popularizeze necesitatea integrării ultimelor generații de protecții și de sisteme tip SCADA;
- Baza implementării formulei de calcul a penalităților cu susținerea rețehnologizării stațiilor pe partea de protecții;
- Continuarea rafinării algoritmului de analiză statistică bazată pe date reale din sistem;
- Propunerea de implementare la nivelul reglementatorului de energie electrică a schemelor de bonificație / penalizare pentru neîncadrarea în limitele standard a calității tensiunii energiei electrice pentru distribuitorii de energie electrică din România;
- Identificarea unui mecanism de repartizare judicioasă a costului de implementare a noilor Tehnologii din domeniul protecțiilor și a controlului activ în vederea optimizării costurilor ridicate de posibile penalizări asociate distribuitorului precum și reducerea consistentă a timpilor de întrerupere a alimentării cu energie electrică a utilizatorilor.

## 7 Bibliografie

Număr		Autor, publicație
<b>CAPITOLUL 2</b>		
[1]	-	<i>D.Mihoc</i> , s.a. „Protecții prin relee”, Editura Printech, București, 2007, ISBN 978-66-521-394-4 + ISBN 978-973-718-715-4
[2]	-	IEEE C37.90, PC37.90, „Standard for Relays, Relay Systems, and Control Devices used for Protection and Control of Electric Power Apparatus – General Requirements and Tests”
[3]	-	<i>M. Kezunovic</i> , „Fundamentals of Power System Protection” Wai-Kai Chen, Editor, The Electrical Engineering Handbook, Chapter on Electric Power Systems, pp 787-804, Elsevier Academic Press, ISBN 978-0-12-170960-0, 2005, Texas University
[4]	-	<i>V. Dușa, V. Vaida</i> , „Comanda și controlul funcționării rețelelor electrice”, Editura Tehnică, București 2001
[5]	-	***Network protection and automation guide, first edition, July 2002, Areva, ISBN 2-9518589-0-6

[6]	-	<i>D. Asandei</i> , „Protecția sistemelor electrice”, Editura Matrix Rom, București, 1999.
[7]	-	<i>N. Golovanov, L. Goia</i> , „Instalații electrice de distribuție de joasă tensiune”, Editura AGIR, 2013, ISBN: 978-973-720-474-5
[8]	-	<i>P.M. Anderson</i> , „Power system protection”, Power Math Associates Inc, IEE Press, Wiley-Interscience Publication, 1999
[9]	-	*** Electrical installation handbook. Protection, control and electrical devices, ABB technical guide, 6th edition, 2010.
[10]	-	*** Feeder Protection and Control REF615 ANSI, Application Manual, ABB 2019.
[11]	-	*** Electrical Power System Device Function Numbers, Acronyms, and Contact Designations, IEEE Std C37.2™ -2008.
[12]	-	*** Symbols, Standard IEC 60617:2019.
[13]	-	*** Feeder protection and control, REF615 ANSi Product guide, ABB.
[14]	-	<i>E. Sousa, J. Stark, J. Valtari</i> , „Viability assessment for centralized protection and control system architecture in MV substation”, CIGRE 2017, Glasgow, rap. 0276.
[15]	-	<i>I. Badea, Gh. Broșteanu, I. Chenzbraun, P. Columbeanu</i> , „Protecția prin relee și automatizarea sistemelor electrice”, Editura Tehnică, București, 1973,
<b>CAPITOLUL 3</b>		
[16]	-	<i>E. Chaisson, S. McMillan</i> , „Astronomy Today”, Benjamin-Cummings Publishing Company, 2010
[17]	-	<i>J. Duffie, W.A. Beckman</i> , “Solar engineering of thermal processes”, Second edition, John Wiley & Sons, Singapore, 1980
[18]	-	<i>H. Albert</i> , Articol „Calitatea energiei electrice la consumator” publicat în cadrul programului LPQI (Leonardo Power Quality Initiative) coordonat de European Copper Institute și finanțat de Uniunea Europeană.
[19]	-	<i>F. Vatra, P. Postolache, A. Poida</i> , „Calitatea energiei electrice Vol.1”, Editura SIER, martie 2013
[20]	-	<i>L.A. Schienbein, J.G.DeSteele</i> , „Distributed Energy Resources, Power Quality and Reliability”, U.S. Department of Energy, Ianuarie 2002
[21]	-	<i>F. Wang</i> , Power quality disturbances and protective relays, Department of Electric Power Engineering, Goteborg, Sweden, 2003
[22]	-	<i>A. Baggini</i> , „Handbook of power quality”, University of Bergamo, Italy, 2008, John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England, ISBN 978-0-470-06561-7
[23]	-	<i>H. Albert, I. Lungu, G. Lavrov, N. Golovanov</i> , „Considerații privind calitatea energiei electrice livrate”, Editura RENEL – GSCI, București, 1998
[24]	-	<i>Fl. Munteanu, D. Ivas</i> , „Calitatea serviciului de alimentare cu energie electrică”, Editura AGIR, București, 2000
[25]	-	<i>A. Hermina, I. Florea</i> , „Alimentarea cu energie electrică a întreprinderilor”, Editura tehnică, București, 1987
[26]	-	***"IEEE Standard 1159 -1995, Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality".

[27]	-	***"IEC 77A/301/CD - Electromagnetic Compatibility (EMC) -Part 4-30: Testing and measurement techniques - Power Quality Measurement Methods."
[28]	-	*** <i>Interruption indexes</i> , Technical Report CENELEC TR 50555:2010
[29]	-	*** <i>Continuity of Supply - 4th Benchmarking Report on Quality of Electricity Supply</i> , <a href="http://www.energy-regulators.eu">www.energy-regulators.eu</a>
[30]	-	*** <i>Power quality indices and objectives</i> , Final WG Report, Joint Working Group Cigré C4.07/Cired, 2004.
[31]	-	*** <i>F. Martzloff</i> , "A New IEC Standard on the Measurement of Power Quality Parameters", EMC Europe 2000 Symposium, Bruges, 2000.
[32]	-	Codul Tehnic al Rețelei Electrice de Transport, Cod ANRE: 51.1.112.0.01.27/08/04
[33]	-	<i>H. Albert</i> , ș.a. „Actual issues on power quality monitoring in Romania”, Regional Conference and exhibition on electricity distribution, Herceg Novi, Montenegro, october 5-8, 2004.
[34]	-	<i>I. Zamora, A.J. Mazon, V. Valverde, E. Torres, A. Dysko</i> , Power Quality and Digital Protection Relays, Department of Electrical Engineering - University of the Basque Country, 2004
[35]	-	<i>R.P.S Leao, G.C. Barroso, N.X.Melo, R.F.Sapaio, J.A.Barbosa, F.L.M. Antunes</i> , „Numerical relay: influenced by and accessing the power quality”, Federal University of Ceara -UFC Brazil, 2011
[36]	-	<i>R.Billinton</i> , “Distribution System Reliability Performance and Evaluation”, Electrical Power &Energy Systems, Vol.10, No.3, pp.190-200, July 1998;
[37]	-	<i>F. Wang</i> , „Power quality disturbances and protection relays, Component switching and frequency deviation”, Thesis for the degree of doctor of philosophy, Department of Electric Power Engineering, Chalmers University of Technology, Goteborg, Sweden, 2003, ISBN 91-7291-324-X
[38]	-	<i>A.Apostolov, J.R. Boyle, P.Carroll, D.Hart, G.Johnson, G.Kobet, I. Zamora</i> , „Protective relays and power quality”, IEEE PSRC Working Group Report
[39]	-	<i>W. Mielczarski, G. Michalik</i> , „Regulation of power quality in competitive electricity markets,, Monash University, Department of Electrical and Computer System Engineering, Clayton, Australia
[40]	-	Monitorul Oficial al României, Partea I, Nr. 291/18.IV.2016, Acte ale Autorității Naționale de Reglementare în Domeniul Energiei cu modificările aduse de Ordinul 535/7.VII.2017.
[41]	-	***Jurnalul Oficial al Uniunii Europene, Directiva (UE) 2019/944 a Parlamentului European și a Consiliului din 5 iunie 2019 privind normele comune pentru piața internă de energie electrică și de modificare a Directivei 2012/27/UE, text cu relevanță pentru SEE de pe teritoriul României, publicat pe site-ul <a href="http://www.transelectrica.ro">www.transelectrica.ro</a>
[42]	-	***Jurnalul Oficial al Uniunii Europene REGULAMENTUL (UE) 2017/1485 AL COMISIEI din 2 august 2017 de stabilire a unei linii directoare privind operarea sistemului de transport al energiei electrice, publicat pe site-ul <a href="http://www.transelectrica.ro">www.transelectrica.ro</a>

[43]	-	<i>D. Chapman</i> , „The Cost of Poor Power Quality”, <a href="http://www.lpqj.org">www.lpqj.org</a> , cap. 2.1.
[44]	-	<i>I.V. Zhezhelenko, Y.L. Sayenko, A.V. Gorpinich</i> , „Economical Damage due to Low Power Quality”, EPQU, Barcelona 2007, rap. p44
[45]	-	<i>J.L.G Iglesias, A. McEachern</i> , „The economics of power Quality, a sistematic framework for the assessment” CIRED 2007, rap.0910.
[46]	-	<i>D.F. Șurianu</i> , ”Consumatori de energie electrică” Editura Orizonturi Universitare, Timișoara, 2007
[47]	-	<i>Gh. Iacobescu, I Iordănescu</i> , s.a. “Rețele electrice” Editura Didactică și Pedagogică, București. 1981
[48]	-	<i>A.Buta, A. Pană, L. Milea</i> , „Calitatea energiei electrice” Editura AGIR, București, 2001
[49]	-	<i>D. Povh, M. Weinhold</i> , „Improvement of power quality by power electronic equipment”, CIGRE 2000, Rap. 1336-06
[50]	-	<i>L. Sáinz, F. Córcoles, J. Pedra, L. Guasch, S. Herraiz</i> , „Study of Voltage Sag Effects on Three-phase Transformers”, ICHQP 2004, hqp037
[51]	-	***Guide de l'ingénierie électrique de réseaux internes d'usines, Technique & Documenta-tion Electra Paris, 1986
[52]	-	***E.N. Dialynas, S.M. Megaloconomos, V.C Dali, „Interruption cost analysis for the electrical power customers in Greece”, CIGRE/PES Montreal 2003
[53]	-	<i>D. Šljivac, Z. Šimić, M. Stojkov</i> , „Survey on customer power supply interruption costs and calculaton of expected damages”, UDC/UDK 621.311 : [657.47 : 519.248
<b>CAPITOLUL 4</b>		
[54]	-	<i>I. Stoleriu</i> , "Statistică aplicată - (Curs 1 & Laborator 1)", editura Matrix Rom, 978-973-755-5786
[55]	-	<i>P. Blaga</i> , "Statistică prin Matlab", Presa Universitară Clujeană, Cluj-Napoca 2002
[56]	-	<i>D. Brink</i> , "Statistics compedium", David Brink & Ventus Publishing ApS, 2008
[57]	-	<i>M.A.Hammad, B. Jereb, B. Rosi, D. Dragan</i> , "Methods and Models for Electric Load Forecasting: A comprehensive review", Arab Academy of Science, University of Maribor, Celje, Slovenia, 2020
[58]	-	<i>Y. Lin, H. Luo, D. Wang, H. Guo, and K. Zhu</i> , "An Ensemble Model Based on Machine Learning Methods and Data Preprocessing for Short-Term Electric Load Forecasting," <i>Energies</i> , vol. 10, no. 1186, 2017.
[59]	-	<i>X. Zhanga, J. Wang, and K. Zhang</i> , "Short-Term Electric Load Forecasting Based on Singular Spectrum Analysis and Support Vector Machine Optimized by Cuckoo Search Algorithm," <i>Electric Power Systems Research</i> , vol. 146, no. 2017, pp. 270–285, 2017
[60]	-	<a href="http://statisticasociala.tripod.com/cor_par.htm">http://statisticasociala.tripod.com/cor_par.htm</a>
[61]	-	<i>M. D. Reddy</i> , "Load Forecasting using Linear Regression Analysis in Time series model for RGUKT, R.K. Valley Campus HT Feeder," <i>International Journal of Engineering Research &amp; Technology (IJERT)</i> , vol. 6, no. 5, 2017

[62]	-	<i>H. Gokozan ,S. Taskin ,S. Seker ,H. Ekiz ,</i> „A neural network based approach to estimate of power system harmonics for an induction furnace under the different load conditions”, <i>Electrical Engineering</i> , Volume 97, Issue 2, 2015 pp 111–117, DOI: 10.1007/
<b>CAPITOLUL 5</b>		
[63]	-	<i>R.Billinton, P.Wang,</i> „ <i>Teaching Distribution System Reliability Evaluation Using Monte Carlo Simulation</i> ” , <i>IEEE Transactions on Power Systems</i> , Vol.14, No.2, May 1999;
[64]	-	<i>Y.Ou, L.Goel,</i> „Using Monte Carlo simulation for overall distribution system reliability worth assessment”, <i>IEE Proceedings on Generation Transmission and Distribution</i> , Vol.146, No.5, September 1999;
[65]	-	<i>M.Postolache,</i> <i>Metode numerice</i> , Editura Sirius, 1994, pag 149-153;
[66]	-	<i>O.Stănășila, V.Brânzănescu,</i> <i>Matematici speciale</i> , Editura ALL, 1994,
[67]	-	<i>R. Porumb,</i> „Evaluarea prin metoda Monte Carlo a distribuțiilor de probabilitate ale indicilor de fiabilitate”, <i>Politehnico di Torino</i> , 2003
[68]	-	<i>E.Carpaneto, G.Chicco, A.Mosso, A.Poggi and P.Ribaldone,</i> “Tools for optimal operation and planning of urban distribution systems”, <i>Proc. CIRED 2001, Amsterdam, The Netherlands, June 18-21, 2001, paper 5_22;</i>
[69]	-	<i>E.Bompard, E.Carpaneto, G.Chicco, R.Napoli,</i> „Convergence of the backward/forward sweep method for the load-flow analysis of radial distribution systems”, <i>Electrical Power and Energy Systems</i> 22 (2000) 521-530;
[70]	-	<i>D Shirmohammadi, H.W.Hong, A.Semlyen, G.X.Luo,</i> „A compensation-based power flow method for weakly meshed distribution and transmission networks”, <i>IEE Transactions on Power Systems</i> 1988; 3(2): 753-62;
[71]	-	Raportul privind măsurile de îmbunătățire a parametrilor de calitate ai energiei electrice pentru perioada 29.12.2018 -04.01.2020, SDEE Muntenia Nord
[72]	-	***International Conference and Exposition on Electrical And Power Engineering (EPE) 18-19 October – „Assessment for Efficient Operation of Smart Grids Using Advanced Technologies” , <i>G. Serîțan, I.Triștiu , G.Fierăscu , R. Vatu</i>
[73]	-	***The 54th International Universities Power Engineering Conference, UPEC, 3-6 September – „Smart grid integration of IoT”, <i>G. Tudor, C. Andrei, M. Arhip, A. Zamfirescu, G. Fierăscu</i>
[74]	-	***CEE Targoviste , Analiza parametrilor de calitate a energiei folosind protocolul MQTT, <i>G. Tudor, C. Andrei, G. Fierăscu, C. Urcan</i>
[75]	-	***EMERG Magazine, Energy Efficiency Influence of Smart Cities Transportation, <i>M. Arhip-Calin, C. Urcan , G. Fierăscu</i>
[76]	-	***Scientific Bulletin , <i>Electrical Engineering and Computer Science</i> , UPB, number 10702, Analysis of distributions probability of secondary power quality indices analysis using Monte Carlo simulations, <i>G. Fierăscu ,C. Andrei, , G. Tudor, M. Arhip-Călin</i>

[77]	-	***International Symposium on Fundamentals of Electrical Engineering 2020, Bucharest, November 5-7, Raspberry Pi, an alternative low-cost PLC , <i>G. Fierăscu, G. Tudor, C. Urcan, M. Arhip-Călin</i>
[78]	-	***International Symposium on Fundamentals of Electrical Engineering 2020, Bucharest, November 5-7, Robust electricity consumption forecast based on load curves analysis, <i>M. Arhip-Călin, C. Andrei, G. Fierăscu, G. Tudor, A. Zamfirescu, G. Seritan</i>
[79]	-	***4th International Conference on Smart Energy Systems and Technologies, SEST 2021, Data Processing using Blockchain Technology Application for Improving of Energy Efficiency and Power Quality, <i>A. Zamfirescu, C.Șuhan, G. Fierăscu si M. Arhip</i>
[80]	-	***Conferinta Nationala si Expozitia de Energetica , CNEE, Sinaia, Romania, 21-23 Octombrie 2015 - „Energy conservation and equipment reliability using Ultrasound technology”, <i>B. Guzun, R. Neagoe, G. Fierăscu</i>