



*Soluții de asigurare a calității sistemelor software de monitorizare și control a stațiilor electrice*

*Quality assurance solutions for electrical substations monitoring and control software systems*

Autor: Ing. Victor Ursianu, Conducător de doctorat: Prof. Dr. Ing. Florica Moldoveanu

### **Abstract**

Există mai multe puncte de vedere privind calitatea software, de la atribute de calitate internă, până la satisfacția utilizatorului. În funcție de scopul software-ului și mediul în care funcționează, anumiți factori de calitate sunt mai importanți decât alții. Această teză încearcă să definească soluțiile adecvate pentru asigurarea calității unui sistem software de monitorizare și control în domeniul energetic, care poate fi încadrat în categoria sistemelor critice. Un astfel de sistem poate fi considerat o componentă dintr-un Smart Grid, un domeniu care capătă din ce în ce mai mare amploare la nivel mondial și care reprezintă viitorul în sectorul energetic. Am clarificat și propus soluții de asigurare a calității sistemelor software de monitorizare și control din domeniul energetic. Sunt descrise aspecte generale precum și tehnici de asigurare a calității software pentru aceste sisteme. Pentru testarea componentelor unui astfel de sistem prezentat ca studiu de caz, am dezvoltat un simulator pentru echipamentele de monitorizare tip IED (Intelligent Electronic Device), care poate fi configurat pentru diferite tipuri de echipamente electrice monitorizate. Acest simulator generează automat date de test utilizând metoda Pairwise Testing, pornind de la domeniile de valori ale parametrilor echipamentelor electrice monitorizate. Datorită faptului că standardul IEC61850 este unanim acceptat de către marii fabricanți de echipamente de monitorizare și control a stațiilor electrice, am utilizat limbajul SCL de configurare a unei stații electrice pentru modelarea sistemului analizat în studiul de caz. Pentru estimarea fiabilității unui sistem de monitorizare și control a unei stații electrice, am propus utilizarea modelului matematic al rețelei Bayesiene. Modelul Rayleigh este folosit pentru estimarea ratei de defectare a componentelor de monitorizare din cadrul sistemului din studiul de caz. Pentru prezicerea momentului de timp când sistemul se poate defecta, am propus un model matematic de tip lanț Markov cu patru stări ale sistemului. Utilizarea a două stări intermediare, între cea de funcționare perfectă și cea de nefuncționare, poate aduce avantaje financiare mari, deoarece prin intervenția din timp asupra sistemului se poate preveni ajungerea acestuia în starea de nefuncționare. Aplicația software de modelare și evaluare a rețelelor Bayesiene, pe care am dezvoltat-o, permite preluarea configurației stației electrice dintr-un fișier scris în limbajul SCL, completarea acestei configurații cu noi noduri și calcularea probabilității de defectare a sistemului ținând cont de probabilitățile de defectare ale fiecărui nod al rețelei.

There are many point views regarding software quality, from internal quality attributes to user satisfaction. Depending on the purpose of software and operating environment, some quality factors are more important than others. This thesis attempts to define appropriate solutions to ensure the quality of electrical substations monitoring and control software systems, which can be classified as critical systems. Such a system can be considered a component of Smart Grid, which represents the future for the energy field. I describe and propose solutions for software quality assurance of monitoring and control software systems. General issues and software quality assurance techniques are described for these systems. In order to test components of the monitoring and control software system presented as a case study, I developed a simulator for monitoring equipment IED (Intelligent Electronic Device), which can be configured for different types of monitored electrical equipment. The simulator automatically generates test data using Pairwise Testing method and input domain values for monitored electrical parameters. Because the IEC61850 standard is widely accepted by most important manufacturers for electrical substations monitoring and control software systems, I used SCL configuration language to model the system used in the case study. To estimate the reliability of the system, I propose using the mathematical model of Bayesian networks. Rayleigh model is used to estimate the failure rate of system components in the case study. To predict the moment when the system will fail, I proposed a Markov chain mathematical model with four states of the system. The use of two intermediate states between the good and unacceptable (failure) state can bring huge financial benefits because an earlier intervention can prevent the system failure. The software application developed uses the configuration for an electrical substation read from an input file written in SCL language to model the monitoring and control software system using Bayesian Networks and estimates the probability of failure for the system taking into account the probability of failure of each network node.