

**University of Mosul  
College of Engineering  
Electrical Engineering Department**



**STUDY OF THE EFFECT OF ELECTRICAL CORONA  
ON THE PERFORMANCE OF SF<sub>6</sub> GAS**

**A Thesis Submitted by**

**Dawood Najem Saleh**

**To**

**The Council of the College of Engineering**

**University of Mosul**

**As a Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of**

**Doctor of Philosophy**

**In**

**Electrical Engineering**

**Power and Machine / Power**

**Supervised by**

**Dr. Farook Kh. Amouri  
Professor**

**Dr. Qais Th. Algwari  
Assistant Professor**

**2019 A.D**

**1440 A.H**

## ABSTRACT

Sulphur hexafluoride gas ( $\text{SF}_6$ ) as an insulating medium in electrical power industry is of particular technological interest. This is because it has dielectric strength of three times greater than air and its exceptional capability of self-healing if it is decomposing into different species under the influence of arcing or corona discharge. With improved understanding of the gas under the corona discharge system, there is potential to improve its performance in high voltage systems.

In this thesis, a one-dimensional simulation model was constructed to represent the negative corona discharge in sulfur hexafluoride ( $\text{SF}_6$ ) gas between electrodes on a coaxial geometry configuration. The software used is the commercial program COMSOL Multiphysics that based on the Finite Elements Analysis (FEA).

The simulation starts with an initial model based on the physical and chemical behaviour of three types of charged particles: electrons, positive ions and negative ions. These particles formed as a result of corona discharge in sulfur hexafluoride gas. The simulation included a number of steps that represent the physical behaviour of these particles such as their generation, motion and then their dissipation and the electrical effect represented by temporal and spatial distribution of the electric field.

The spatial-temporal distribution of the charged particles and the electric field resulting from the appearance of a negative corona leads to formation of very sharp current pulses in the circuit called Trichel pulses, which rises to the peak in a very short time and then returns to the bottom in a longer time and for a short period of time.

The first model was developed to examine the effect of macroscopic parameters that control the initiation of the corona discharge and its severity. These parameters include the applied voltages and its rise time and the radius of the corona electrode curvature on which the corona appears in addition to pressure and temperature of the gas.

The effect of the presence of contaminants within the gas, such as oxygen, has a part in this study. Long-term by-products resulting from interaction of the gas fragments with oxygen under the effect of corona discharge were used as an early detection method of the partial discharges within the gas.

Finally, the results obtained from the simulation are in conformity with the available practical results.

## المخلص

إن غاز سادس فلوريد الكبريت (SF6) كوسط عازل في صناعة الطاقة الكهربائية له أهمية تكنولوجية خاصة. هذا لأنه يمتلك شدة عزل ثلاثة اضعاف شدة عزل الهواء ولقدرته الاستثنائية على إعادة بناء جزيئاته ذاتيا عندما يتحلل إلى جسيمات مختلفة تحت تأثير القوس الكهربائي أو تفريغ الهالة مع تحسين فهم هذا الغاز في ظل ظاهرة تفريغ الهالة ، هناك إمكانية لتحسين أدائه في أنظمة الجهد العالي.

في هذه الأطروحة تم بناء نموذج محاكاة ذو بعد واحد لتمثيل الهالة السالبة في غاز سادس فلورايد الكبريت بين اقطاب ذات تشكيل هندسي محوري بحيث تكون النتائج المستحصلة من المحاكاة في حالة توافق مع النتائج العملية المتوفرة . الهدف من الأطروحة هو دراسة تأثير الهالة على أداء غاز سادس فلورايد الكبريت كعازل غازي يستخدم في تطبيقات أنظمة الضغط العالي. البرنامج المستخدم هو البرنامج التجاري Comsol Multiphysics والقائم على مبدأ تحليل العناصر المحددة.

تبدأ المحاكاة بنموذج اولي قائم على الخصائص الفيزيائية والكيميائية لثلاث أنواع من الجسيمات المشحونة وهي الالكترونات والايونات الموجبة والايونات السالبة حيث تتشكل هذه الجسيمات نتيجة حصول الهالة في غاز سادس فلورايد الكبريت. تضمنت المحاكاة عدد من الخطوات التي تمثل السلوك الفيزيائي لهذه الجسيمات مثل توليدها وحركتها وعمليات تبديدها وتأثيرها الكهربائي متمثلا بالتوزيع الزماني والفراغي للمجال الكهربائي.

ان التوزيع الزماني-المكاني للجسيمات المشحونة والمجال الكهربائي الناتجة من ظهور هالة سالبة يقود الى تشكيل نبضات تيار تسري في الدائرة الكهربائية تسمى نبضات Trichel حيث ترتفع الى القمة بزمن قصير جدا ثم تعود الى الأسفل بزمن أطول ولفترة زمنية قصيرة .

النموذج الاولي تم تطويره لفحص تأثير العناصر الملموسة التي تتحكم بظهور الهالة وقساوتها مثل الفولتية المسلطة وزمن صعودها وانصاف اقطار الاجسام الحادة التي تظهر عليها الهالة إضافة الى ضغط ودرجة حرارة الغاز. تأثير وجود ملوثات في الغاز مثل الاوكسجين كان له حصة في هذه الدراسة حيث استخدمت النواتج العرضية ذات العمر الطويل الناتجة من تفاعل الغاز مع الاوكسجين تحت تأثير الهالة كوسيلة كشف مبكرة للتفريغات الجزئية التي تحصل داخل الغاز.

النتائج التي تم الحصول عليها من المحاكاة متوافقة مع النتائج العملية المتاحة.



جامعة الموصل  
كلية الهندسة  
قسم الهندسة الكهربائية

دراسة تأثير الهالة الكهربائية على أداء غاز سادس فلوريد الكبريت  
 $SF_6$

أطروحة تقدم بها  
داود نجم صالح

إلى

مجلس كلية الهندسة في جامعة الموصل  
وهي جزء من متطلبات نيل شهادة دكتوراه فلسفة  
في الهندسة الكهربائية  
القدرة والمكائن / قدرة

بإشراف

د. قيس ذنون نجم الجواري

أستاذ مساعد

2019م

د. فاروق خليل عموري

أستاذ

1440هـ