



## دانشگاه زنجان

دانشگاه زنجان - دانشکده فنی

گروه برق

تحقیق و بررسی روی شبیه سازی جعبه سیاه مدل آرکی

پایان نامه کارشناسی مهندسی برق

دانشجویان

صادق جلیلی و حمید شاکری

استاد راهنما

دکتر کاظم مظلومی

1391

فهرست مطالب

عنوان

صفحه

IV

فهرست مطالب

1

چکیده

2

مقدمه

3

فصل اول: مدل‌های مختلف جعبه سیاه

3

الف - حالت کلی مدل آرک جعبه سیاه

6

ب - نماینده مدل آرک سیاه با صورت های دیفرانسیل

7

پ - نشان دادن مدل آرک سیاه با شکلهای کامل

11

فصل دوم: تحقق مدل آرک سیاه در برنامه های شبیه سازی مختلف

11

الف - اجرای مدل آرک در MATLAB

11

تحقق مدل آرک با شکل دیفرانسیلی

12

تحقق مدل آرک با شکل کامل

13

تحقق مدل ترکیبی با شکل دیفرانسیلی

15

ب - اجرای مدل آرک در PSCAD/EMTDC

15

تحقق مدل آرک با شکل دیفرانسیلی

18

تحقق مدل آرک با شکل کامل

19

پ - اجرای مدل آرک در EMTP-ATP

23

فصل سوم: نتایج و تحلیل

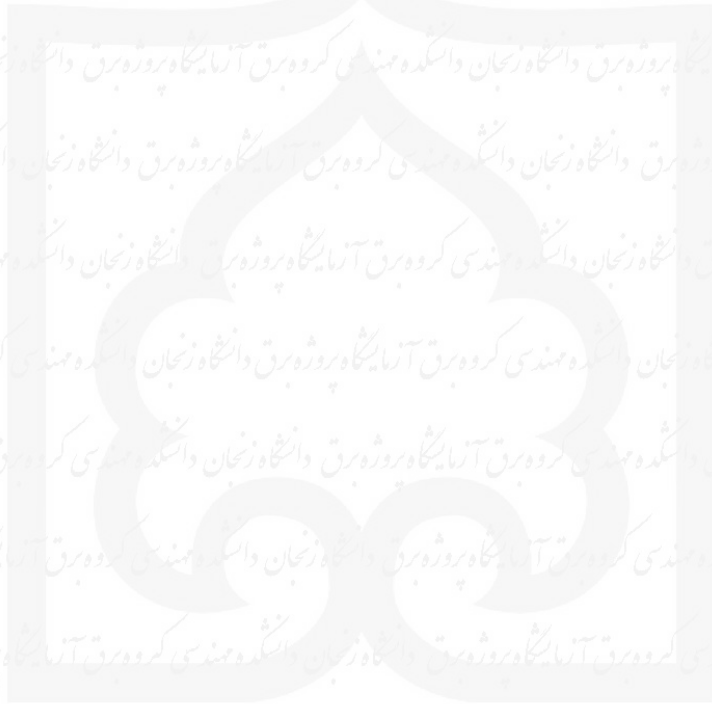
23

نتیجه شبیه سازی مدل آرکدر محیط اجرای مختلف

32

فاکتورهای موثر در دقت شبیه سازی

# پایان نامه کارشناسی



## چکیده

حرکت رفتار ولتاژ بالای سوئیچگیر در حین انجام عملیات موضوع مورد علاقه برای سال های سال شده است . بمنظور بهبود ظرفیت ولتاژ بالای سوئیچگیر شبیه سازی مدل آرک نیاز به کار بصورت هدایت شده را دارد .

این صفحه انجام فرآیند مدل های مختلف جعبه سیاه مدل آرک با برنامه های شبیه سازی مختلف مورد

بررسی قرار می دهد , که برنامه های , MATLAB و EMT-ATP و PSCAD/EMTDC میباشد . تحقیق اصلهای مختلف برنامه مقایسه شده اند . در MATLAB جعبه سیاه مدل آرک به منبع کنترل شده تغییر شکل داده است . در EMT-ATP و PSCAD/EMTDC مدل آرک بعنوان یک

مقاومت متغیر با زمان که از المان های غیر قابل انتقال ( توکار ) بسته های دو برنامه ای استفاده میکند

ارائه شده است . مشخصه های موثر در دقت شبیه سازی بحث شده اند , بعنوان مثال بیان شکل ( که مدل آرک را بعنوان شکل اختلافی یا شکل کامل معرفی میکند ) تحت همان وضعیت , استفاده از همان

مدل آرک در محیط شبیه سازی متفاوت ولتاژ و جریان آرک متفاوت بدست خواهند آمد , که حاکی از

پایداری متفاوت ابزار مختلف شبیه سازی است . نتایج تحقیق نشان میدهند که در مقایسه با حالت کامل

, مدل آرک (کمان) با حالت اختلافی صحیح تر میباشد در جریان صفر شبیه سازی گذرای الکترومغناطیسی .

## مقدمه

سوئیچگیر بنیادی ترین و پیچیده ترین در سیستم قدرت هستند . کار اصلی دستگاههای سوئیچینگ کنترل ، تنظیم و حفاظت شبکه اند . بنابراین ، قابلیت اطمینان دستگاه های سوئیچینگ برای پایداری

الکتریکی کل سیستم قدرت بسیار مهم هستند . هنگام عمل کلید زنی ، یک قوس الکتریکی ایجاد شده

است . قوس اینگونه دما و حرارت بسیار بالایی را تولید میکند و گاهی اوقات سبب صدماتی که نه تنها

در خود سوئیچگیر رخ میدهد بلکه دستگاههای اطرافش هم میشود . بنابراین بسیار مهم است تحقیق و

بررسی رفتار مکانیکی پدیده قوس برای بهبود کارکرد و تحمل سوئیچگیر ها بسیار مهم است . شبیه

سازی مدل آرک یک راه خوب برای بهتر فهمیدن پدیده قوس در حین ولتاژ بالای کلید زنی میباشد . سه

مدل ریاضی سوئیچینگ مدل های آرک وجود دارد ، که آنها مدل های فیزیکی ، مدل های جعبه سیاه و

مدل های پارامتر هستند . مدل آرک فیزیکی پدیده فیزیکی قوس با حالات خیلی پیچیده ریاضی را

تشریح میکند ، که اغلب در طراحی سوئیچگیر استفاده شده است . مدل آرک جعبه سیاه رفتار قوس را با

دادن رابطه بین رسانائی آرک و متغیرهای مدار تشریح میکند . بنابراین ، بصورت گسترده برای مطالعات

شبکه بعنوان شبیه ساز اثر متقابل آرک – مدار استفاده شده است . مدل های پارامتری از مدل های جعبه

سیاه دقت بیشتری دارند ، که این پارامترها از تابع ها و جداول پیچیده بدست آمده اند .

مدل های آرک جعبه سیاه مناسبترین مدل برای مطالعه پدیده سوئیچینگ هستند . در سال های اخیر

برخی کارها در محدوده شبیه سازی آرک جعبه سیاه صورت گرفته است . محققان دانشگاه Delft هفت

جعبه سیاه Arc Model Blockset (AMB) با MATLAB را طراحی کرده اند . N G برنامه

EMTP-ATP را برای ارزیابی مدل های مختلف جعبه سیاه برای مدارشکن ها با هدف پیدا کردن

معیارهایی برای توانایی شکستن بکار میگیرد . صفحات بعدی عمدتاً تحقیق درباره اینکه پارامترهای مدل

آرک جعبه سیاه چطور داده آزمایش را با استفاده از الگوریتم های مختلف تعیین میکنند .

بمنظور بهبود دقت شبیه سازی ، این صفحه اجرای فرآیند مدل های جعبه سیاه آرک با نرم افزارهای

مختلف را مورد بررسی قرار میدهد . و بحث تاثیرگذاری فاکتورها روی دقت رقابت (تقلید) مدل آرک .

تسلط و اشکالات برنامه های شبیه سازی گذرا الکترومغناطیسی مختلف بخوبی مقایسه شده اند .

## فصل اول

### 1. مدل های مختلف آرک جعبه سیاه

الف. حالت کلی مدل آرک جعبه سیاه

مشخصه مهم مدل آرک سیاه استفاده از رسانای غیر خطی متغیر با زمان برای بیان رفتار دینامیکی در فعل و انفعال داخلی با شبکه میباشد. مدل آرک سیاه از یک یا دو معادلات دیفرانسیلی تشکیل میشود، و

آرک با یک معادله ریاضی مرتبط با هدایت آرک با جریان و ولتاژ آرک تشریح داده شده است. مهندسی کوره برق آزمایشگاه پروژه

تشعشع و زمان انتقال پیدا میکند.

$$g = F(P_{in}, P_{out}, t) = \frac{i_{arc}}{u_{arc}} = \frac{1}{R} \quad (1)$$

جایی که  $g$  هدایت آرک آنی،  $P_{in}$  توان اعمال شده به کانال پلاسماست،  $P_{out}$  توان انتقالی از کانال پلاسماست.

t زمان

Iarc جریان آرک آنی

Uarc ولتاژ آرک آنی

R مقاومت کانال آرک آنی

# پایان نامه کارشناسی

هدایت آرک آنی g وقتی که Pin و Pout در تعادل نباشند تغییر میکند .



انرژی ذخیره شده در کانال هست:

$$Q = \int_0^t (P_{in} - P_{out}) dt \quad (2)$$

هدایت آرک آنی میتواند اینجوری تعریف شود:

$$g = F(Q) = F\left[\int_0^t (P_{in} - P_{out}) dt\right] \quad (3)$$

سپس، معادله آرک کلی میتواند بدست آید:

$$\frac{d(\ln(g))}{dt} = \frac{F'(Q)}{F(Q)} = \left[\int_0^t (P_{in} - P_{out}) dt\right] \quad (4)$$



ب. نماینده مدل آرک سیاه با صورت های دیفرانسیلی

برای حل این معادله آرک کلی، فرض هایی بایستی در نظر گرفته شوند. محققان مختلف میتوانند فرض های مختلف در نظر بگیرند، و مدل های مختلف جعبه سیاه را به ما تحویل دهند. مدل های

آرک **Cassie** و **Mayr** بیشترین مدل های نماینده میباشند، که تشریح کیفی پدیده آرک در ناحیه های

جریان بالا و پایین را بترتیب فراهم میکند.

مدل **Cassie**:

$$\frac{1}{g} \frac{dg}{dt} = \frac{1}{\tau} \left( \frac{u_{arc}^2}{u_0^2} - 1 \right) \quad (5)$$

مدل **Mayr**:

$$\frac{1}{g} \frac{dg}{dt} = \frac{1}{\tau} \left( \frac{u_{arc} \cdot i_{arc}}{P_0} - 1 \right) \quad (6)$$

که  $U_0$  ولتاژ آرک اولیه ،  $P_0$  توان تلف شده یا خنک سازی در هر واحد از حجم ،  $\tau$  ثابت زمانی آرک

دیگر مدل های آرک سیاه اغلب بر اساس مدل های **Cassie** و **Mayr** اصلاح شده اند ، بعنوان مثال

مدل های **KEMA** , **Schwarz** , **Avdonin** , **Urbanek** و غیره . برخی از محققان مدل های

**Mayr** و **Cassie** بمنظور نشان دادن رفتار دینامیکی آرک در ناحیه جریانی وسیع ترکیب میکنند .

$$\frac{1}{g} = \frac{1}{g_m} + \frac{1}{g_c} \quad (7)$$

که  $g_m$  هدایت آرک مدل **Mayr** .

$g_c$  هدایت آرک مدل **Cassie** .

پ.نشان دادن مدل آرک سیاه با شکل های کامل

معادله (1) را در معادله (6) جایگزین کنید ، بدست می آید :

$$(8) \quad \frac{dg_m}{dt} = \frac{g_m}{\tau_m} \left[ \frac{i(t)^2}{P_0 g_m} - 1 \right]$$

بعلاوه هدایت آرک  $g$  میتواند به این صورت نوشته شود :

$$(9) \quad g_m = \int \left( \frac{i^2(t)}{P_0 \tau_m} - \frac{g_m}{\tau_m} \right) dt$$

$r$  ثابت زمانی آرک تحت تاثیر  $R$  مقاومت آرک است .

در مدل  $Po$  ,  $Mayr$  , توان تلف شده نیز به مقاومت آرک بستگی دارد که تغییراتی غیرخطی با زمان

دارد . بنابراین , معادله (9) میتواند به حالت زیر تغییر پیدا کند :

# پایان نامه کارشناسی

$$g = \int \left( \frac{i^2(t)}{P(R)\tau(R)} - \frac{g}{\tau(R)} \right) dt \quad (10)$$

عکس مقاومت آرک بیانگر هدایت آرک می باشد. رابطه بین هدایت، مقاومت، ولتاژ و جریان بصورت زیر بیان شده است:

$$R = g \cdot \frac{u^2(t)}{i^2(t)} \quad (11)$$

معادله (11) را در معادله (10) جایگزین کنید، مدل **Mayr** با شکل کامل بدست آمده است:

$$R_m = \int \left( \frac{R_m}{\tau(R_m)} - \frac{u_m^2(t)}{P(R_m)\tau(R_m)} \right) dt \quad (12)$$

استفاده از همان روش، شکل کامل مدل Cassie است:

$$R_c = \int \left( \frac{R_c}{\tau(R_c)} - \frac{u_c^3(t)}{u_0^2 i_c(t) \tau(R_c)} \right) dt \quad (13)$$

## فصل چهارم

### نتیجه گیری

تحقق فرآیند مدل های آرک سیاه مختلف با شکل های مختلف حالات اجرا شده با استفاده از ابزار شبیه سازی سیستم قدرت را مورد بررسی قرار داده است. در **MATLAB**، مدل های آرک به منابع کنترل

شده تغییر شکل داده اند. استدلال جریان سیگنال که عمدتاً برای برآورده کردن برنامه نویسی اعمال شده

است. در **PSCAD/EMTDC** آرک بعنوان یک مقاومت متغیر با زمان که از اجزای عضو ساختمان استفاده میکند نشان داده شده است. در **EMPTP-ATP**، هر دو روشهای کنترل شده منابع و مقاومت

متغیر با زمان نماینده آرک میتوانند باشند که با بکار گیری آن تحقق شبیه سازی با استفاده از ابزارهای

**TACS** و **MODELS** به ترتیب را منجر شود. در میان سه محیط شبیه سازی،

**PSCAD/EMTDC** سریع ترین زمان راه اندازی را دارد. هرچند که ثبات این برنامه در مقایسه با

**MATLAB** ضعیف تر است و **EMPTP-ATP** برای مدل کردن جز کلید غیر خطی است.

بمنظور گسترده کردن ناحیه کاربرد جریان مدل آرک جعبه سیاه، مدل آرک نمونه توسعه داده شده است

با ترکیب مدل **Cassie** و مدل **Mayr** که به ترتیب در جریان بالا و پایین استفاده شده است. اما در

اجرای عملی بسیار مشکل است که تعیین کنیم نقطه انتقال بین دو مدل را. بنابراین در مدل ترکیبی

**Cassie** و **Mayr** معادله ای که در همان زمان با همان جریان استفاده شده است و هدایت آرک

محاسبه شده است در فرآیند شبیه سازی واقعی اتصالات سری است. در جریان صفر، اضافه خیلی

کمی در حدود 8-10 در مخرج نیاز است برای جلوگیری از تقسیم بر صفر وقتی که مقاومت آرک

حساب شده است. از این منظر، مدل آرک با شکل دیفرانسیلی دقیق تر از شکل کامل آن بیان شده

است.

## مراجع

[1] Lou van der Sluis. Transients in power systems. John Wiley & Sons. Ltd. 2001, pp68-73.

[2] Circuit breakers \he switching arc and arc modeling. <http://hibp.ecse.rpi.edu/~connor/education/SurgelPresentations/L V CircuitBreakers.pdf>.

[3] Scha vemaker, L. vander Sluis. The arc model blockset. Proceeding of the second LASTED international conference Power and energy systems (EuroPES). 2002, pp644-648.

[4] Niklas Gusta vsson. E valuation and simulation of Black-box arc arc models for high voltage circuit-breakers. Linkopings uni versity. Master thesis, 2004.

[5] Lionel R. Orama, Bien venido Rodriguez. Numerical arc model parameter extraction for S F6 circuit breaker simulations. International conference on power system transients-I PST 2003 in New Orleans, USA. 2003, ppl-S.

[6] Sandra Hutter, I vo Gulesic. Uni versal arc resistance model "ZAGREB" for EMTP. 191h international conference on electricity distribution. 2007 , pp 1-4.

[7] Otto W. Gan vini Asencios, Antonio C.S.Lima. State space estimation of electric arc parameters based on maximum likelihood and kalman filters. I 6th Power Systems computation conference. 2008, ppl-5.

[8] L.C.Pinto, L.C.Zanetta Jr. Medium voltage S F6 circuit-breaker arc model application. Electric power system research S3. 2000, 67 -71.

[9] Hatem A. Darwish, Nagy I. Elkalashy. Uni versal arc representation using EMTP. I IEEE Transactions on power deli very Vo1.20, No.2, 2005:772-779.

[10] Smaranda Nitu, constantin Nitu, Paula Anghelita. Electric arc model, for high power interrupters. EUROCON 2005.

The international conference on "computer as a tool". 2005, 1442-1443.