دانشکده مهندسی

گروه برق

پایان‌نامه کارشناسی

گرایش:

قدرت

عنوان :

تعیین آرایش کابل های جریان بالا جهت بهبود توزیع جریان

استاد راهنما:

دکتر سید هادی حسینی

نگارش:

رضا هیبتی

زمستان۱۳۹۵

فهرست مطالب صفحه

مقدمه ۱

فصل اول : پارامترهای الکتریکی کابل ۳

۱-۱)مقاومت ۴

۱-۱-۱)مقاومت dc ۴

۱-۱-۲)مقاومت Ac ۴

۱-۱-۳)رابطه بین مقاومت AC وDC
۵

۱-۲) اندوکتانس ۵

۱-۲-۱) محاسبه اندوکتانس هادی استوانه‌ی توپر ۶

۱-۲-۲) محاسبه اندوکتانس n هادی استوانه‌ای ۷

۱-۳) امپدانس ۸

فصل دوم : معادلات توزیع جریان ۱۰

فصل سوم: بررسی توزیع جریان کابل‌ها ۱۴

۳-۱) سیستم با جریان مستقیم
۱۵

۳-۲) سیستم تکفاز (فاز رفت)
۱۶

۳-۳) سیستم سه فاز متعادل
۱۷

فصل چهارم: تاثیر آرایش کابل‌ها بر روی توزیع جریان کابل‌های موازی ۲۰

فصل پنجم: تاثیر پیکربندی روی توزیع جریان کابل‌های موازی ۲۶

۵-۱) ساختار چینش خطی ۲۷

۵-۲) ساختار چینش مربعی ۲۷

۵-۳) ساختار چینش هرمی ۲۸

۵-۴) اضافه کردن کابل نوترال ۳۰

۵-۵) مزایا و معایب پیکربندی‌ها ۳۲

فصل ششم: یکسان سازی توزیع جریان در کابل‌های موازی ۳۳

۶-۱) پارامترهای توزیع جریان در کابل‌های موازی ۳۴

۶-۲) یکسان‌سازی توزیع جریان در کابل‌های موازی ۳۵

فصل هفتم: شبیه سازی و انجام محاسبات با کامپیوتر توسط نرم‌افزار متلب ۴۰

نتیجه‌گیری ۴۵

مراجع ۴۶

مقدمه

امروزه با گسترش تکنولوژی تقاضا برای تولید برق از پیش افزونتر گشته است . بنابراین به دنبال همین قضیه تقاضا برای تولید کابل نیز بیشتر شده است. کابل ها در سطح مقطع‌های متفاوتی با توجه به نیاز بازار طبق استاندارد هایی تولید می‌شوند. بیشتر کابل های موجود در بازار ازجنس مس و الومینیوم هستند. دو ماده مذکور هدایت الکتریکی بسیار خوبی نسبت به سایر مواد دارند. حال برای تامین برق مورد نیاز برخی ادوات که با جریان زیاد کار می‌کنند (مانند الکترولیزرها) باید کابل مناسبی را در نظر گرفت. بدیهی است که با افزایش جریان سطح مقطع کابل را نیز باید افزایش داد که به زبان ساده‌تر برای جریان بیشتر، کابل بزرگتری مورد نیاز است و هم‌چنین کابل بزرگتر وزن بیشتری دارد که مهار و هدایت کابل را سخت تر می‌کند. اما پرسشی که پیش می آید این است که این افزایش سطح مقطع کابل را تا کجا می توان ادامه داد؟ آیا محدودیتی وجود دارد؟ اگر پاسخ مثبت است این محدودیت چیست؟ در پاسخ به سوال اول جواب مثبت است ، می توان کابل ها را متناسب با تکنولوژی ساخت با هر سطح مقطع دلخواهی ساخت .در پاسخ به سوال دوم نیز جواب مثبت است.

عوامل موثر در محدودکردن ساخت کابل هایی با ابعاد بزرگ :

۱- هزینه ساخت

۲- مهار و هدایت و انعطاف پذیری کابل

در بیشتر مکان هایی که به کابل های جریان بالا نیاز دارند ، معمولا عامل دوم از عامل اول دخیل‌تر است. بنابراین حال باید چه کاری انجام‌داد؟ پیشنهادی‌که وجود دارد این است که یک کابل را با چند کابل‌موازی وکوچکتر که بتوانند جریان لازم را تامین کنند جایگزین کرد که این کار مزایا و معایبی دارد.

مزایای جایگزینی چند کابل موازی به‌جای یک کابل :.

۱- هزینه اقتصادی مقرون به صرفه است.

۲-مهار و هدایت کابل اسان تر م گردد.

۳-انعطاف پذیری کابل ها بیشتر می شود.

معایب جایگزینی چند کابل موازی به‌جای یک کابل:

این راه کار زمانی که جریان Dc باشد مشکلی پیش نخواهدآورد. در صنعت ولتاژ های مورد استفاده سه‌فاز و Ac میباشد . هر ولتاژ Ac میدان مغناطیسی‌ای تولید می کند که می تواند در یک مسیر بسته که قابلیت هدایت الکتریکی‌دارد ولتاژی را القاء کند که موجب ایجاد جریان در مسیر بسته شود[۱]. حال بنا بر این قضیه توزیع جریان در کابل های مشابه هم که به صورت موازی بسته شده اند دیگر یکسان نخواهدبود . این توزیع جریان نا برابر موجب خواهد شد که برخی کابل ها دچار اضافه جریان شده و بسوزند.در ادامه‌یاین نوشته در فصل اول پارامترهای کابل را مورد بررسی قرار خواهیم داد. سپس در فصل دوم با استفاده از مدل امپدانسی معادلات توزیع جریان را بیان خواهیم‌کرد. ودر ادامه با ارائه مثال‌هایی این موضوع بیشتر بررسی خواهدشد و درفصل ششم برای حل این مسئله راه کاری ارائه می شود.. در فصل آخر نحوه‌ی کار کردن با نرم افزار نوشته شده توسط واسطه‌ی گرافیکی کابر، نرم افزار MATLAB توضیح داده شده‌است.

فصل اول

بررسی پارامتر های الکتریکی کابل

۱)مقاومت[1]

۱-۱-۱)مقاومت DC

مقاومت DC یک رسانای توان از رابطه‌ی زیر محاسبه می‌شود.

$$R = \frac{V}{I} \quad (\Omega) \qquad (۱-۱)$$

رابطه(۱-۱) براساس ولتاژ و جریان هادی بیان‌شده است و رابطه‌ی (۱-۲) برحسب ابعاد و خواص فیزیکی هادی بیان‌شده است.

$$R = \frac{Pl}{A} \qquad (\Omega) \qquad (۱-۲)$$

در رابطه‌ی بالا:

P: مقاومت ویژه هادی

l: طول هادی (m)

A: سطح مقطع موثر هادی (m^2)

۱-۱-۲)مقاومت AC

طبق قانون فاراده و قانون لنز درکابلی که دارای جریان AC باشد، در داخل کابل جریان های گردابی وجود خواهد داشت به طوریکه : جریان فوکو در نز دیک محور کابل خلاف جهت جریان کابل و در نزدیک پوسته کابل هم جهت با جریان کابل خواهد بود که این مسئله باعث می شود توزیع جریان کابل در سطح مقطع ان یکنواخت نباشد. باتقریب خوبی می توان جریان نزدیک محور کابل را صفر در نظر گرفت که این بدین معنی است که سطح مقطع موثر کابل کاهش یافته و مقاومت کابل افزایش می یابد . به این اثر، اثر پوستی[2] گفته می‌شود.

اگر در دو هادی را که در مجاورت هم قرار دارند قاب فلزی ای در نظر بگیریم در داخل هر هادی میدان مغناطیسی متغیر با زمان بر اثر جریان AC عبوری از هادی دیگر است وجود دارد. حال اگر هادی را از وسط به دو قسمت راست و چپ تقسیم کنیم ، جریان ناشی از میدان مغناطیسی در بخش راست (چپ) هم جهت

1)Resistance

2)skin effect

با جریان هادی و در بخش چپ (راست) خلاف جهت جریان هادی خواهد بود. به طور کلی این میدان مغناطیسی جریانی در هادی بوجود خواهد آورد که در بخشی از هادی جریان هم جهت با جریان کابل و در بخشی دیگر از هادی جریان خلاف جهت جریان کابل خواهد بود. درنتیجه سطح مقطع موثر کابل کاهش می یابد که بالطبع موجب افزایش مقاومت کابل خواهد شد که به این اثر، اثر مجاورت[۳] گفته می‌شود.

اگر کابل به صورت رشته ای باشد بیچش رشته ها به دور هم باعث افزایش طول کابل خواهد شد. پس بنابراین برای محاسبه مقاومت، طول تابیده نشده ی کابل باید لحاظ شود. به این اثر، اثر پیچش یا تابیدگی[۴] گفته می‌شود.

۱-۱-۳)رابطه بین مقاومت AC وDC

به طور تجربی [۱] رابطه‌ی زیر حاصل شده است که در ضریب ، اثر پوستی و اثر مجاورت و اثر تابیدگی لحاظ شده است.

$$R_{AC}=(1.027\ 1.155) * R_{DC} \qquad (۳-۱)$$

البته لازم به‌ذکر است که رابطه‌ی (۱-۳) برای فرکانس ۵۰ Hz صادق می باشد.

۱-۲)اندوکتانس[۵]

میدان مغناطیسی متغیر با زمان در فضا مسیر بسته ای را تشکیل می دهد. این مسیر از اجسام مختلفی عبور می کند. این میدان باعث بوجود آمدن نیروی محرکه(MMF) ای (مانند ولتاژ) در اجسام تحت تاثیر میدان می‌شود. این نیروی محرکه موجب تولید جریان در جسم می گردد .از تقسیم نیروی محرکه بر جریان ایجاد شده خاصیتی هم چون مقاومت را می توان کسب کرد.به مقاومتی که بر اثر القای الکترو- مغناطیسی ایجاد می شود اندوکتانس متقابل[۶] M می گویند. حال اگر نیروی محرکه را بر اندوکتانس تقسیم شود کمیتی به نام شار(φ) حاصل خواهد شد. به طور کلی اندوکتانس عبارت است از نسبت شار به جریان بوجود آورنده شار .

3)proximity effect
4)twist effect
5)Indunctance
6)mutual inductance

۱-۲-۱) محاسبه‌ی اندوکتانس استوانه تو پر با شعاع r (کابل):

الف) اندوکتانس بیرونی(R>r)

مطابق با قانون آمپر

$\int H.dl = i$ (۴-۱) =>

$H*2\pi R = i \rightarrow H = \frac{i}{2\pi R}$

$B = \mu H$

$\rightarrow \quad d\varphi = \frac{\mu i}{2\pi R} dR\, dZ$

$d\varphi = B.ds$ (۵-۱)

در استوانه چون یک دور (N=1) داریم پس شار با شار پیوندی برابر است.

$d\varphi = d\Psi \rightarrow \quad d\Psi = \frac{\mu i}{2\pi R} dR\, dZ$

حدود R از r تا D(فاصله ای در جهت عمود بر محور استوانه در فضا)

حدود z از ۰ تا ۱ (برای یک متر کابل)

$\Psi_{out} = \int d\Psi \rightarrow \Psi = \iint_{R=r\ z=0}^{R=D\ z=1} \frac{\mu i}{2\pi R} dR\, dZ$

$\Psi_{out} = \frac{\mu i}{2\pi} * \ln(D/r)$ (wb)

$L_{out} = \Psi_{out} / i \rightarrow L_{out} = \frac{\mu}{2\pi} * \ln(D/r)$ (H)

ب) **اندوکتانس درونی(R<r)**

تمامی روابط (۱-۴) و (۱-۵) صادق است و تنها تفاوت در حدود R است که از ۰ تا r تغییرمی‌کند .

با باز نویسی روابط(۱-۴) و (۱-۵) ، اندوکتانس برای داخل استوانه نتیجه می‌شود..

$L_{in} = \frac{\mu i}{8\pi}$ (H)

حال اندوکتانس کلی هادی را بدست می‌آوریم

$L = L_{in} + L_{out}$

$L = \frac{\mu}{8\pi} + \frac{\mu}{2\pi} * \ln(D/r)$ (۶-۱)

۱-۲-۲)محاسبه اندوکتانس N هادی استوانه‌ای با شرایط $\sum_{k=1}^{n} i_k = 0$

اگر شار هر هادی در قسمتی از فضا Ψ_{out} و شار داخلی هادی Ψ_{in} باشد .طبق روابط (۱-۴) و (۱-۵) برای هادی :

$\Psi_{out} = \frac{\mu i}{2\pi} * \ln(D2/D1)$

$\Psi_{in} = \frac{\mu i}{8\pi}$

برای محاسبه شار کل هادی‌ها در نقطه‌ای مانند p ابتدا باید شار پیوندی را در در نقطه p محاسبه کنیم. شار پیوندی در این نقطه برابر جمع جبری شار پیوندی تمام هادی ها در این نقطه است.

$\Psi_p = \sum_{j=1}^{n} \Psi_j$ (۷-۱)

حال طبق رابطه‌ی (۱-۷) شار گذرنده از هادی k ام :

$\Psi_k = \sum_{j=1}^{n} \Psi_{jk}$

اگر Ψ_k بر اساس اندوکتانس بازنویسی شود:

$\Psi_k = \sum_{j=1}^{n} L_{jk} i_j$ (۸-۱)

در رابطه (۱-۸) L_{kk} اندوکتانس خودی[۷] هادی k ام و L_{jk} اندوکتانس متقابل بین هادی k ام و هادی j ام می باشد.

$L_{kk} = \frac{\mu}{8\pi} + \frac{\mu}{2\pi} \ln(1/r)$ (۹-۱)

7)self inductance

دانشجویان محترم:

جهت دسترسی به متن کامل پایان نامه‌ها به کتابخانه دانشکده مهندسی و یا آزمایشگاه پروژه گروه برق مراجعه فرمایید.

نتیجه‌گیری

با کمک گیری از پارامترهای الکتریکی کابل و مدل امپدانسی خط در مثال‌های فصل سوم و چهارم و پنجم نتیجه شد که توزیع جریان در کابل‌های موازی لزوما یکسان نیست و به نحوه‌ی آرایش کابل‌ها و پیکربندی کابل‌ها بستگی دارد و با توجه به جداول فصل ششم مشاهده شد پیکربندی مربعی از سایر پیکربندی‌ها شاخص‌های بهتری(δ_M و δ_T) را کسب نموده است . با توجه به مطالب ذکر شده، پیشنهاد می‌شود که قبل از هر گونه عملیات کابل‌کشی (در فواصل کوتاه) به نکات زیر توجه کنیم :

۱- تعداد کابل‌ها را با در نظر گرفتن جریان عبوری طوری کاهش داد که در هدایت کابل‌ها مسئله‌ای بوجود نیاید. این امر علاوه بر صرفه‌ی اقتصادی به یکسان شدن توزیع جریان کمک شایانی خواهدکرد.

۲- در صورت امکان از پیکربندی مربعی استفاده شود . این نوع پیکربندی علاوه بر توزیع جریان مناسب نسبت به سایر پیکربندی‌ها فضای کمتری را اشغال می‌کند.

مراجع

[۱] عباس ربیعی و بهنام محمدی ایوانلو،"مفاهیم و مسائل سیستم های قدرت"، نشر آهنگ، پاییز ۸۹

[2] San-Yi Lee,"A CABLE CONFIGURATION TECHNIQUE FOR THE BALANCE OF CURRENT DISTRIBUTION IN PARALLEL CABLES ", journal of marine science & technology , vol.18, NO.2, pp.290-297(2010)