سیزدهمین کنفرانس شبکه های توزیع نیروی برق
۱۱ و ۱۲ اردیبهشت ۱۳۸۷ - گیلان

بررسی تأثیر انواع کولرهای اسپلیت بر رفتار شبکه توزیع برق

ناصر نخودچی ، هادی مهدیزاده ، سعید علیشاهی ، شهره شادلو
شرکت توزیع نیروی برق شهرستان مشهد
ایران

واژه های کلیدی :کولر اسپلیت،کولر گازی ، رفتار شبکه

چکیده:

امروزه استفاده از کولر گازی به ویژه نوع اسپلیت آن در اکثر مناطق کشور رو به گسترش می باشد و لذا بررسی ویژگی های آن در مقایسه با سایر انواع کولرها و نیز تأثیرات آن بر روی شبکه توزیع برق امری اجتناب ناپذیر به نظر می رسد . این مقاله در حقیقت برگرفته از یک پروژه اینترنشیپ با همین نام ، بین شرکت توزیع نیروی برق شهرستان مشهد و دانشگاه فردوسی می باشد که در تابستان ۸۶ انجام پذیرفته است . در این مقاله به بررسی کولرهای گازی اسپلیت و تاثیر نامناسب جریان راه اندازی آن بر روی شبکه های توزیع پرداخته می شود .

مقدمه:

در سالهای اخیر مصرف برق در بخشهای مختلف شاهد رشد چشمگیری (در حدود ۱۰ درصد) بوده است و در بخش خانگی و تجاری با توجه به استفاده از وسایل و تجهیزات جدید الکتریکی و الکترونیکی با تنوع زیاد، ساختار بار های شبکه های توزیع به سرعت در حال تغییر است . در این میان تحویل انرژی الکتریکی با کیفیت و قابلیت اطمینان بالا به مشترکین به جز از طریق شناخت و بررسی اثرات انواع بارهای جدید شبکه ، ممکن نمی باشد . از این بارها می توان به انواع سیستمهای کامپیوتری ، آسانسورها ، سیستمهای تهویه و کولرها اسپلیت اشاره نمود که تعداد آنها در شبکه به سرعت در حال افزایش می باشد . مهمترین اثر مخرب کولرهای گازی جریان راه اندازی آن می باشد . با توجه به اندازه گیریهای صورت گرفته این میزان برای کولرهای گازی با ظرفیت سرمایی بین ۱۵ تا ۷۴ آمپر اندازه گیری شده است مثلاً برای یک کولر گازی Btu/hr ۱۹۰۰۰ جریان راه اندازی ۳۵ آمپر می باشد . این میزان جریان می تواند بر روی شبکه تاثیر گذار باشد و باعث افت ولتاژ گردد .

اندازه گیری های میدانی :

جهت بررسی تاثیر کولرهای گازی بر رفتار شبکه ، ابتدا می بایست اندازه گیری های دقیق بر روی شبکه صورت می گرفت . بدین منظور از آمپر مترهایی که توانایی ثبت peak را دارند و همچنین اسیلوسکوپ حافظه دار استفاده شد . حدود ۲۰ کولر با مارکهای مختلف و ظرفیت های تبرید متفاوت هم در بخش تجاری و هم در بخش خانگی مورد ارزیابی قرار گرفت و همزمان جریان راه اندازی توسط آمپرمتر و ولتاژ ورودی توسط اسیلوسکوپ ثبت می گردید . نمونه ای از نتایج حاصل از این اندازه گیری در جدول (۱) آمده است .

به منظور پیشگیری از سوء برداشت از بیان مارک کولرها خودداری شده است .

ظرفیت سرمایش (Btu/h)	توان (kw)	جریان نامی (A)	جریان راه اندازی (A)	افت ولتاژ (V)
13000	1.3	5	15	8
18000	2.2	10	30	10
19000	2.3	6	35	9
27000	-	12	40	20
27000	2.24	13.5	40	25
27000	3	12	40	27
30000	3	13.5	52	50
36000	4	16	74	55

جدول ۱- نمونه مقادیر اندازه گیری شده برای انواع کولرها در مکانهای مختلف شبکه

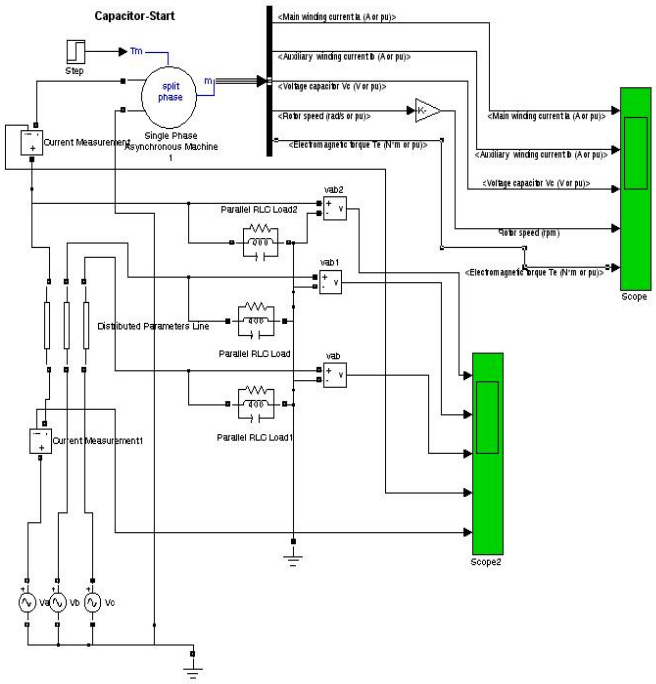
همانطور که مشاهده می شود در برخی از نقاط شبکه با توجه به مشخصات شبکه و خصوصاً امپدانس خط ، در اثر راه اندازی یک کولر با ظرفیت تبرید نسبتاً زیاد ، در حدود ۵۰ ولت افت ولتاژ داریم منظور از این افت ولتاژ میزان ماکزیمم کاهش پیک موج سینوسی ولتاژ است و برای بدست آوردن میزان افت ولتاژ rms باید این عدد بر $\sqrt{2}$ تقسیم گردد . با در نظر گرفتن این مطلب که در یک بازه زمانی ۱ ساعته ممکن است موتور بخش کندانسور و کمپرسور چندین بار روشن و خاموش گردد این واقعیت بسیار مسئله ساز خواهد بود و بهترین نمود خارجی آن در کم نور شدن ناگهانی لامپهای روشنایی قابل مشاهده است . حتی این امکان وجود دارد که این افت ولتاژ باعث آسیب رساندن به قسمتهای تغذیه سیستمهای کامپیوتری و دیجیتالی گردد . همچنین اغلب این کولرها تک فاز می باشند و این موضوع اوضاع را بدتر می نماید و باعث آنبالانسی در سیستم نیز می گردد .

در گام بعدی برای بررسی بیشتر تاثیر کولرهای گازی با استفاده از نرم افزار Matlab جریان راه اندازی و افت ولتاژ ناشی از آن را برای یک موتور القایی شبیه سازی نمودیم . جهت شبیه سازی دو مدل برای سیستم در نظر گرفتیم .

شبیه سازی با در نظر گرفتن بار در ترمینال موتور :

در روش اول مدل خط انتقال گسترده استاندارد Simulink را برای شبکه توزیع از ترانس تا مصرف کننده در نظر گرفتیم و بار های دیگر (شامل مصارف خانگی و تجاری) را به صورت یک بار توان ثابت در ترمینال ماشین مدل کردیم .

به علت اینکه مشخصات مربوط به مقادیر امپدانس و راکتانس خطوط در دسترس نبود از مدل استاندارد Simulink نرم افزار Matlab استفاده کردیم . برای موتور نیز از مدل موتور القایی ۳ کیلو وات تکفاز Split استفاده کردیم .

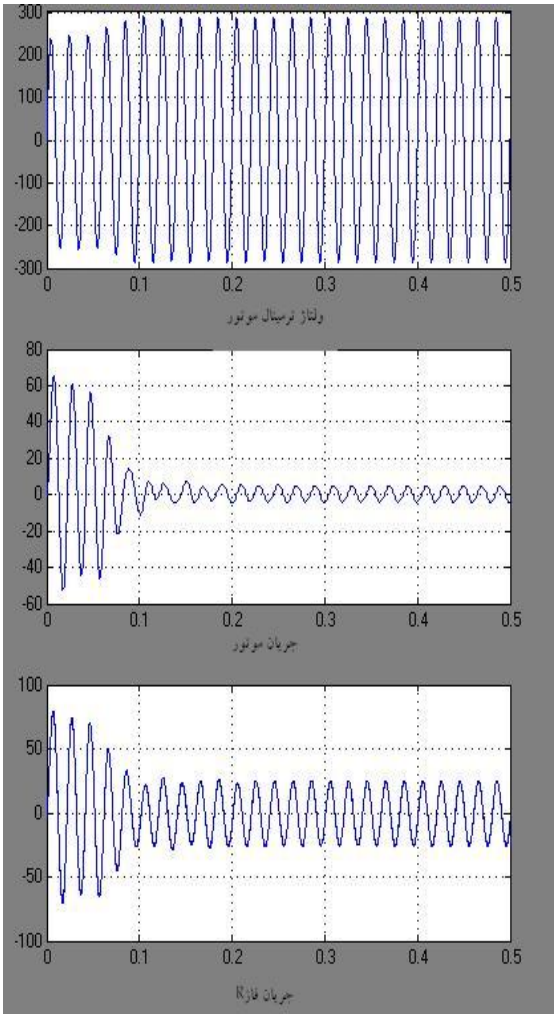


شکل ۱- بلوک دیاگرام مدل شبیه سازی بوسیله خط انتقال و بار در ترمینال موتور القایی

نتایج حاصل از این شبیه سازی در نمودار های زیر آمده است. همانطور که در نمودار اول ملاحظه می نمایید در هنگام راه اندازی کولر پیک ولتاژ در حدود ۵۰ ولت پایین می افتد و این حالت گذرا به مدت ۰/۱ ثانیه ادامه دارد و پس از گذشت این زمان ولتاژ به حالت ابتدایی خود بر می گردد . همانطور که میدانیم ، میزان این افت ولتاژ به مشخصات خط (رزیستانس ، اندوکتانس و کاپاسیتانس خط) و همچنین میزان جریان راه اندازی موتور بستگی دارد . هر چه موتور در فاصله دورتری از پست قرار داشته باشد این افت ولتاژ شدید تر خواهد بود و برای مصرف کنندگان موجود در انتهای خط این افت ولتاژ می تواند باعث صدمه رساندن به وسایل و تجهیزات مشترکین گردد . نمودار دوم جریان راه اندازی موتور را نشان می دهد که در این مدل ، حداکثر میزان آن ۶۰ آمپر برای موتور تکفاز بدست آمده است . در اندازه گیری های میدانی صورت گرفته نیز این میزان جریان برای راه اندازی موتورهای کولر بدست آمد و تایید کننده صحت شبیه

سازی می باشد . پس از گذشت حالت گذرا جریان در حدود ۵ آمپر می شود . نمودار سوم نیز مربوط به جریان کشیده شده از کل فاز در این مثال می باشد . لازم به ذکر است که بار در نظر گرفته شده دارای مشخصات زیر می باشد و طول خط انتقال ۱ کیلومتر در نظر گرفته شده است :

Active Power = 4000 W
Inductive Reactive Power = 1000 Var
Capacitive Reactive Power = 500 var



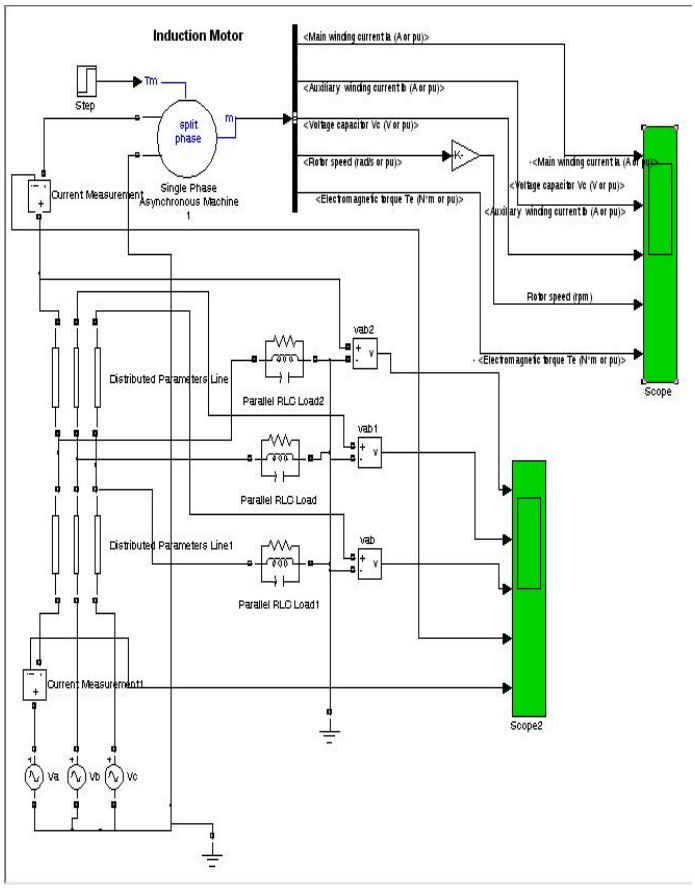
شکل ۲- نمودار ولتاژ و جریان موتور و فاز R

شبیه سازی با در نظر گرفتن بار در وسط خط :

این شبیه سازی مشابه حالت قبل است با این تفاوت که خط انتقال را به دو بخش مساوی تقسیم نمودیم و بار توان ثابت را در وسط خط قرار دادیم . در این حالت بار اکتیو و راکتیو مدل شده را نسبت به حالت قبل نصف نمودیم . با توجه به مشخصات امپدانس خط در این حالت شاهد اضافه ولتاژ در ترمینال ماشین بودیم بنابراین میزان توان راکتیو بار را کاهش دادیم . مشخصات بار به قرار زیر در نظر گرفته شد .

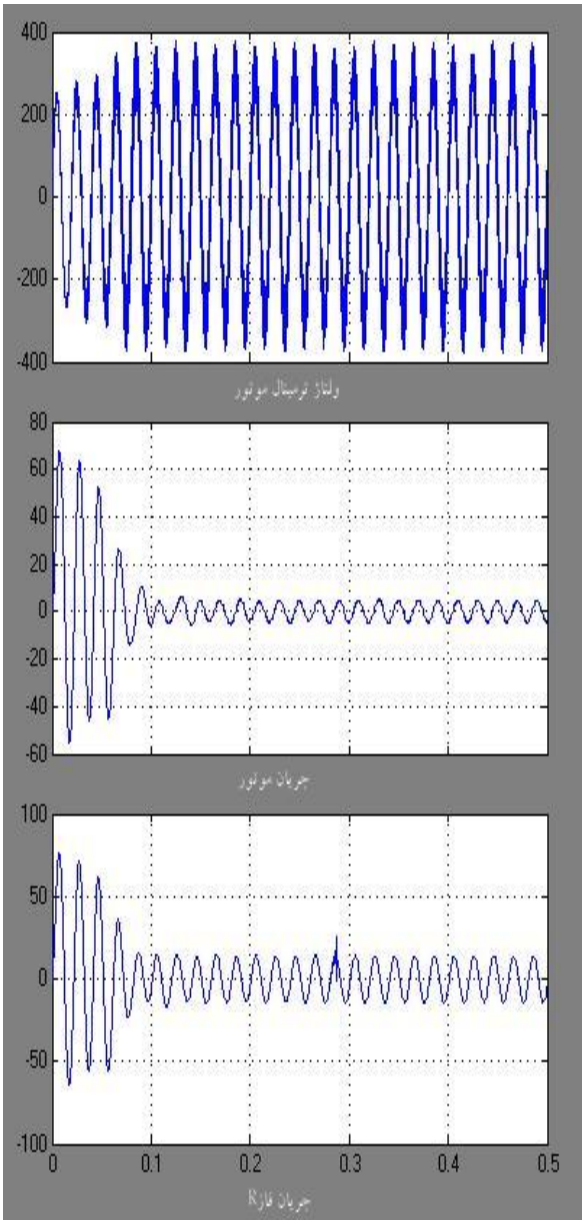
Active Power = 2000 W
Inductive Reactive Power = 250 Var
Capacitive Reactive Power = 125 var

نمودار مدل شبیه سازی شده در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل ۳- بلوک دیاگرام مدل شبیه سازی بوسیله خط انتقال و بار در وسط خط انتقال

نموار های مربوط به خروجی سیستم در این حالت را نیز رسم نمودیم . در این حالت نیز افت ولتاژ بر روی ترمینال ماشین مشاهده می گردد و با توجه به مشخصات مدل استاندارد خط انتقال و بار در نظر گرفته شده تا حدودی پیک ولتاژ در حالت عادی نسبت به حالت عادی مدل قبل بیشتر است و در نتیجه افت پیک ولتاژ بیشتر است از ۳۴۰ ولت به ۲۵۰ ولت کاهش می یابد . در صورتیکه مدل خط انتقال دقیق از خطوط شبکه توزیع در دسترس باشد می توان با دقت بیشتری شبیه سازی را انجام داد و نتایج را با واقعیت مقایسه نمود . جریان کشیده شده توسط موتور و جریان کل خط تا حدود زیادی همانند حالت قبل می باشد و حداکثر پیک جریان کشیده شده توسط موتور همان ۶۰ آمپر است . لازم به ذکر است که از آوردن نمودارهای دیگر مربوط به مشخصات موتور از قبیل گشتاور و سرعت و همچنین ولتاژ فازهای دیگر به جهت اینکه از موضوع بحث خارج است خودداری نمودیم .



شکل ۴- بلوک دیاگرام مدل شبیه سازی بوسیله خط انتقال و بار در وسط خط انتقال

همانطور که مشاهده می شود نمودار های بدست آمده با نتایج حاصل از اندازه گیری های صورت گرفته برای کولرهای با توان ۳ کیلو وات کاملاً همخوانی دارد . در نمودار مربوط به جریان موتور مشاهده میگردد که جریان کشیده شده از خط در سیکل اول دارای دامنه ماکزیمم ۶۰ آمپری می باشد و این جریان در حدود ۱۰۰ میلی ثانیه طول می کشد . در اندازه گیری های انجام شده برای موتور ۳ کیلو وات ماکزیمم جریان راه اندازی برای مدل های مختلف کولر بین ۴۲ تا ۵۲ آمپر بدست آمده است . لازم به ذکر است که اندازه گیریهای بعمل آمده توسط آمپر متر انبری دارای قابلیت ثبت پیک انجام گرفته است و در صورتی که از یک Power Analyzer استفاده می شد دقت در اندازه گیری بسیار بیشتر می بود .

نتیجه گیری و ارائه راهکار :

همان گونه که ملاحظه شد، مقدارجریان راه اندازی کولرهای اسپلیت بسیار قابل ملاحظه می باشد و این امر در مجتمع های مسکونی و یا تجاری که تعداد زیادی کولر گازی از یک شبکه تغذیه می شوند و کمپرسورهای آنها دائم در حال خاموش و روشن شدن می باشند بسیار مشهود است .این جریان راه اندازی بالا همانند یک بار ضربه ای عمل می نماید و بیشترین اثر مخرب آن در ابتدا برای خود مشترک می باشد ، لذا بایستی به دنبال راه کاری بود تا بتوان میزان این جریان را تا حدودی کاهش داد. البته لازم به ذکر است که در صورت عدم نگهداری صحیح از کولر، میزان این جریان درمقایسه با دستگاه نو افزایش می یابد که با تمیز نمودن فیلتر و کویل کندانسور می توان از بروز این مشکل جلوگیری نمود. برای این کار روشهای متداولی وجود دارد .

روش اول استفاده از کمپرسورهای دور متغیر (Inverter Compressor) به جای کمپرسور معمولی (Conventional Compressor) می باشد . البته اینگونه کمپرسورها از کمپرسورهای معمولی گرانتر می باشند . کمپرسورهای معمولی در سرعت ثابت کار می کنند و لذا برای این که کولر بتواند دمای مورد نیاز اتاق را تأمین کند، بایستی به طور متناوب خاموش و روشن شوند. بدین ترتیب در هر بار روشن شدن جریان راه اندازی زیادی از شبکه کشیده و فشار زیادی بر شبکه اعمال می کنند. از سوی دیگر ، کمپرسورهای با دور متغیر ، سرعت خود را تغییر می دهند و نیازی به خاموش و روشن شدن متوالی ندارند، بدین ترتیب از ایجاد شوک بر شبکه توزیع برق اجتناب می شود.

روش بعدی استفاده از دو کمپرسور به جای یک کمپرسور می باشد . در این روش ، ابتدا کمپرسور کوچکتر شروع به کار کرده و پس از آن کمپرسور دیگر وارد مدار می شود . بدین ترتیب چون کمپرسور کوچکتر جریان راه اندازی کمتری از شبکه می کشد ، لذا فشار کمتری در شروع کار دستگاه به شبکه اعمال می گردد . به عنوان مثال برای یک دستگاه کولر اسپلیت LG با ظرفیت تبرید ۴۸۰۰۰ Btu/hr در حالت یک کمپرسوره ۶۸ A جریان راه اندازی مورد نیاز است ، در حالی که این میزان جریان در حالت استفاده از دو کمپرسور به ۱۷ A کاهش می یابد . در این روش همانند استفاده از یک کمپرسور معمولی ، برای تأمین سرمایش مورد نیاز اتاق ، کمپرسورها بایستی به طور متناوب خاموش و روشن شوند .

یک روش موثر جهت کاهش تعداد خاموش و روشن شدن کمپرسور کولرهای گازی تنظیم صحیح ترموستات و همچنین استفاده از عایقهای حرارتی در ساختمان می باشد . استفاده از

مواد PCM بصورت لایه هایی در دیواره اتاقها و یا به صورت گچهای مخصوص در پوشش دیواره ها می تواند از اتلاف سرمای محیط جلوگیری نماید و در نتیجه تعداد خاموش و روشن شدن کمپرسور را کاهش دهد . با استفاده از این مواد می توان بار ناشی از سیستمهای سرمایش را در تابستان به ساعات غیر پیک مصرف شیفت داد .

کاهش تلفات سیمهای شبکه های توزیع می تواند میزان افت ولتاژ ناشی از راه اندازی را کاهش دهد . یکی از روشهای کاهش امپدانس خطوط فشار ضعیف ، حذف شبکه فشار ضعیف می باشد . در این حالت چون فاصله ترانس تا مصرف کننده بسیار کم می باشد عملاً تلفات ناشی از شبکه فشار ضعیف حذف می گردد و بالتبع میزان افت ولتاژ در اثر جریان راه اندازی کم می گردد .

با توجه به رشد روزافزون استفاده از کولرهای گازی خصوصاً در شهرهای بزرگ در صورتیکه راهکارهای عملی ممکن برای رفع مشکلات اشاره شده در این مقاله ارائه و اجرا نگردد ، عواقب آن در آینده ای نزدیک کیفیت توان شبکه های توزیع را تهدید می نماید .

فهرست مراجع :

۱- آمار و مستندات شرکت توزیع نیروی برق شهرستان مشهد

۲- ماشینهای الکتریکی – تالیف دکتر پ . س .سن ترجمه: .دکتر مهرداد عابدی

- **http://www.iran-eng.com**
- **http://www.atrendyhome.com**
- **http://www.ductlessdepot.net**
- **http://www.air-conditioner-home.com**
- **http://air-n-water.stores.yahoo.net**
- **http://www.evaporative-air-coolers.com**
- **http://daneshnameh.roshd.ir**