تقلیل بار راکتیو کارخانجات توسط ژنراتورهای موجوددرآنها

حسین عباسی

صنایع چوب وکاغذ ایران "چوکا"

چکیده:

یکی از مشکلات بزرگی که در شبکه‌های توزیع نیرو با آن مواجه هستیم ، مصرف بالای بار راکتیو است که سبب تلفات و افت ولتاژ زیادی می‌شود. بخش عمدهٔ این بار ناشی از کارخانجات صنعتی بزرگ و کوچك بوده که به دلیل وجود الکتروموتورهای آسنکرون والکتروموتورهای جریان‌مستقیم با کنترل استاتیك ، دارای ضریب قدرت پائین تراز 0.7 می‌باشند. به عنوان مثال درحال حاضر صنایع چوب وکاغذ ایران دارای بار اکتیو ۱۵ مگاوات وبار راکتیو حدود ۱۵ مگاوار است که اگر این بار راکتیو زیاد به شبکه منتقل شود ، اثرات سوء نکر شده به شبکه توزیع اِعمال خواهد شد. ولی‌اگر ما بتوانیم به طریقی آنرا درخود کارخانه خنثی سازیم ، با بهبود ضریب قدرت ، از تلفات و افت ولتاژ بیهوده خط جلوگیری کرده و به پایداری شبکه توزیع نیز کمك خواهیم نمود.

هدف از تهیهٔ این مقاله بررسی چگونگی استفاده از ژنراتورهای موجود درکارخانجات به عنوان جبران کننده بار راکتیو آنها است. این روش را می‌توان در بسیاری از کارخانجاتی که دارای ژنراتور هستند بطور موضعی بررسی نموده و با توجه به دیاگرام قدرت ژنراتورها، بار راکتیو آن کارخانه را تأمین نمود.

در این مقاله در مرحلهٔ اول آشنایی با نحوه کار ژنراتور مطرح گردیده و درمرحلهٔ بعد نحوه بکارگیری ژنراتور موجود در صنایع چوکا جهت تقلیل بار راکتیو تشریح خواهد شد.

بررسی کار ژنراتور در بارهای مختلف

یکی از مشخصه‌های هر ژنراتور ضریب قدرت نامی آن است که معمولا " 0.8 می‌باشد سئوالی که مطرح می‌باشد این است که آیا حفظ این ضریب قدرت در تمام نقاط کار ژنراتور الزامی است ؟ یا می‌توان به نسبت بار اکتیو آن را تغییر داد ؟

جهت پاسخ به این سئوال لازم است کار ژنراتور را در بارهای مختلف بررسی کرده و محدودیتهای حرارتی و پایداری آن را بدست آوریم .

مدار معادل

یک ژنراتور همیشه بوسیله ولتاژ تولیدی و راکتانس سنکرون مشخص می گردد (مقاومت سیم پیچ بدلیل کوچکی قابل صرف نظر می‌باشد) مدار معادل تک فاز ساده شده ژنراتور در شکل " ۱ " آمده است .

در حالت مدار باز E = U بوده وولتاژ تولید شده در استاتور تا قبل از اشباع هسته ، با جریان تحریک نسبت مستقیم دارد .

شکل " ۲ " منحنی مشخصه ژنراتور در حالت مدار باز و حالت اتصال کوتاه را نشان می‌دهد . همانطور که ملاحظه می‌گردد در حالت اتصال کوتاه چون استاتور نیز میدانی در جهت عکس میدان روتور ایجاد می‌کند کل فلوی میدان حدود صفر شده و می توان گفت هسته هرگز به حد اشباع نمی رسد .

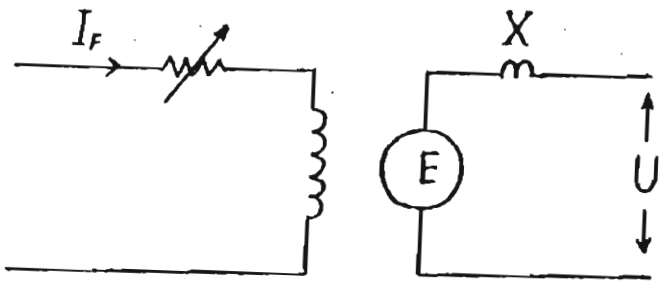
دیاگرام زاویه‌ای

دیاگرام زاویه‌ای شکل " ۳ " کار ثابت ژنراتور را نشان می‌دهد . در این دیاگرام U ولتاژ شبکه (مقدار ثابت) ، XI افت ولتاژ ناشی از راکتانس ژنراتور و E ولتاژ متناسب با جریان تحریک بوده و a نیز زاویه بین ولتاژ تولیدی E وولتاژ شبکه U می‌باشد .

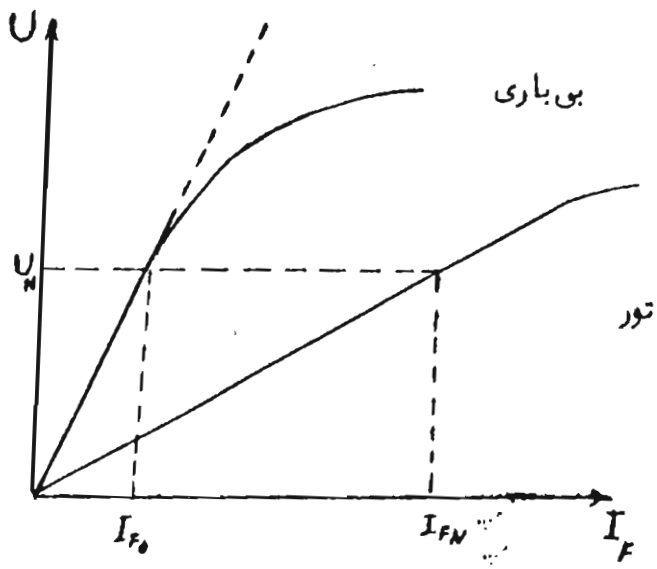
توان اکتیوازرابطه زیربدست میآید : $P = 3UI\cos\phi$

وباتوجه بدیاگرام زاویه ای وروابط مثلثاتی معادله توان بصورت زیرمیگردد .

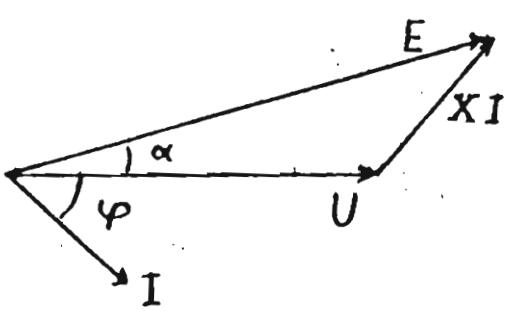
$$P = \frac{3IE}{X} \sin\alpha$$



شکل ۱ مدار معادل



شکل "۲" منحنی مشخصه ژنراتور



شکل "۳" دیاگرام زاویه‌ای

دیـــاگـــرام قـــدرت

با تقسیم کردن ولتاژ دیاگرام زاویه‌ای به راکتانس ژنراتور (X)، دیاگرام‌زاویه‌ای جریان بدست می‌آید که در ولتاژ ثابت متناسب با بار می‌باشد. (شکل "۴") در این شکل فاصله OB متناسب با جریان استاتور و O'B متناسب با جریان تحریک خواهد بود. مرکز زاویه بار به نقطه O' منتقل می‌گردد و با توجه به وضعیت پایداری سعی میشود همیشه زاویه بار کمتر از 90^{o} باشد.

پارامترهای دیگر دیاگرام به قرار زیرند:

کمان دایره AB به مرکز O' مرز مجاز جریان میدان وکمان BC به مرکز O مرز مجاز جریان استاتور بوده ونقطه برخورد این دو دایره محدوده جریانات تحریک و استاتور را مشخص می‌کند. تنها در صورتی که ژنراتور در این نقطه کار کند ، هر دو جریان برابر جریان نامی طراحی شده و ضریب قدرت نیز مقدار نامی خود را خواهد داشت. بنابراین می‌توان گفت ضریب قدرت نوشته شده درروی ژنراتور ، نقطه‌ای را مشخص می‌کند که در بار کامل جریانهای استاتور و تحریک برابر جریانهای نامی آنها هستند.

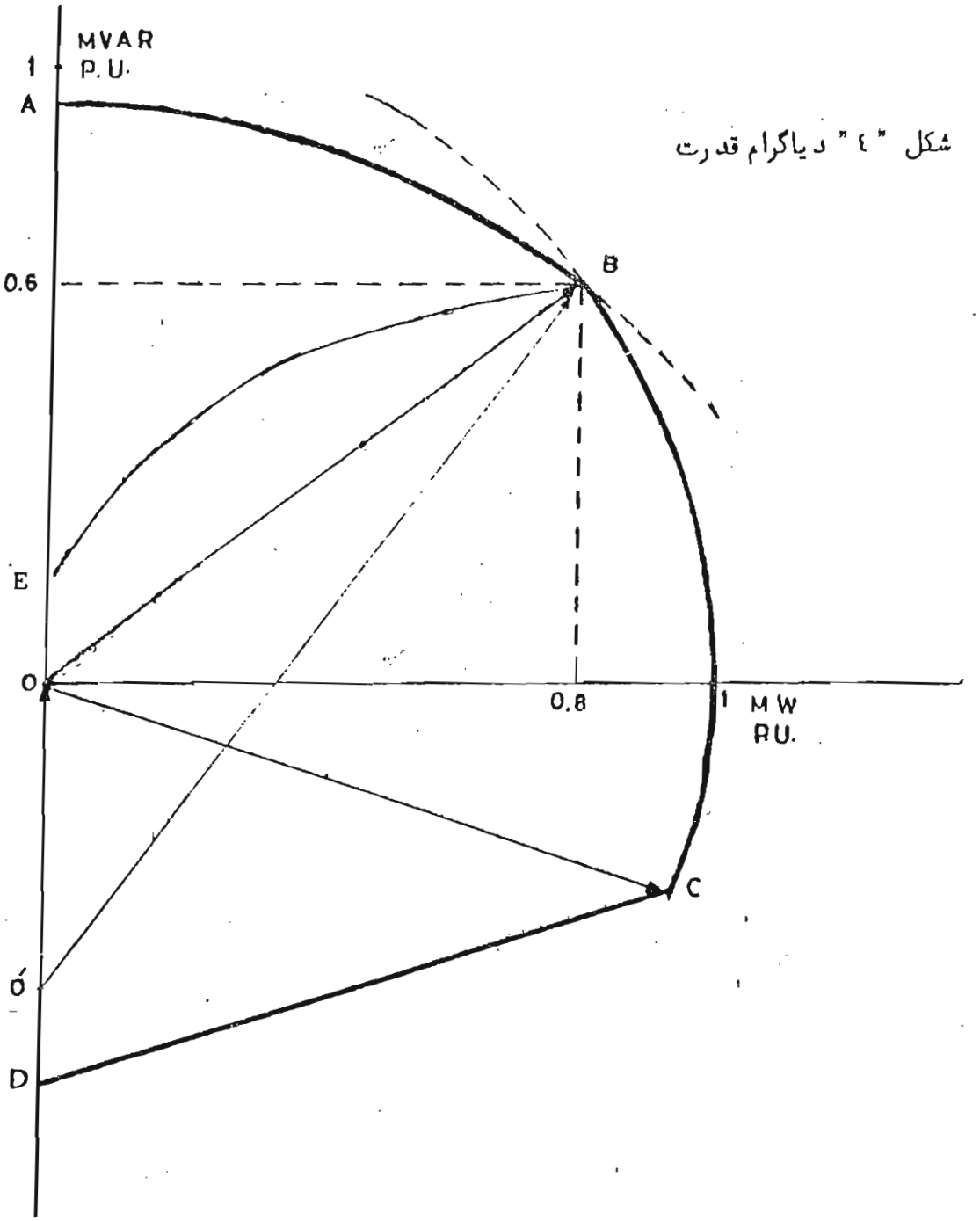
ژنراتور در قسمت بالای محور افقی بصورت فوق تحریک کار کرده و تولید کننده بار راکتیو است. در نتیجه با تغییر نقطه کار می‌توان باراکتیو تولیدی آنرا تغییر داد.

در قسمت پائین محور افقی ژنراتور بصورت زیر تحریک بوده و از شبکه بار راکتیو دریافت می‌کند.

خط CD نشانگر مرز پایداری ژنراتور است و اگر جریان تحریک کمتر از آن گردد ژنراتور به حالت ناپایدار در می‌آید و باعث بالا رفتن درجه حرارت در ناحیه‌انتهای هسته استاتور و همچنین در ناحیه رتور می‌گردد.

به طور کلی تمام اطلاعات اساسی برای کار پایدار ژنراتور را می‌توان از این دیاگرام بدست آورد باید توجه داشت که به هر حال دیاگرام نشان داده شده فقط برای یک ماشین اشباع نشده صادق می‌باشد.

شکل "٤" دیاگرام قدرت



A B C D محدوده حرارتی ژنراتور

A B حد مجاز جریان تحریک

B C حد مجاز جریان استاتور

C D حد مجاز حرارتی ناحیه انتهایی استاتور ناشی از کاهش بیش از حد جریان تحریک

B E منحنی بهینه ژنراتور چوکا

نتایج حاصله از دیاگرام قدرت

از دیاگرام قدرت ژنراتور می‌توان نتیجه گیری کرد که در هنگامی که ژنراتور پائین تراز قدرت اکتیو نامی کار می‌کند، با رعایت محدودیتهای زیر در طی بهره‌برداری می‌توان از آن به عنوان جبران کننده بارراکتیو استفاده نمود.

محدودیتهای ژنراتور به قرار زیر می‌باشد:

۱- حداکثر جریان مجاز تحریک I_F (محدوده AB)

۲- حداکثر جریان مجاز استاتور I_N (محدوده BC)

۳- حداقل جریان تحریک (محدوده CD)

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که اگر به دلایلی مجبور باشیم از ژنراتور در پائین تر از قدرت اکتیو نامی آن بهره‌برداری کنیم، می‌توان با توجه به دیاگرام قدرت همان ژنراتور، راکتیو مطلوب را از ژنراتور گرفته وبدین طریق ضریب قدرت کارخانجات را اصلاح نمود.

نحوه بکارگیری ژنراتور چوکا

ژنراتور موجود در صنایع چوب وکاغذ ایران چوکا یک توربوژنراتور دوبل بوده و به عنوان یک تولید جنبی انرژی در این مجتمع نصب شده است بدین معنی که بخار تولید شده توسط بویلر صرفا" بخاطر تولید خمیر و خشک کردن کاغذ بکار برده می‌شود.

توربین برق نصب شده در مجتمع عمل شکستن فشار بخار دیگهای بخار به فشار مورد نیاز پروسه تولید را صورت داده و انرژی الکتریکی را به شکل یک محصول جنبی تولید می‌کند. این بدین معنی است که تولید انرژی الکتزیکی برای مصرف مجتمع نبوده و صرفا" به منظور تولید بخار می‌باشد وتولید بخار نیز مستقیما" به مصرف بخار در واحدهای مختلف مجتمع وابسته است. بدین جهت متوسط تولید انرژی الکتریکی از ژنراتور تا به حالّ حدود ۶ مگاوات بوده است و بنابراین با توجه به قدرت نامی ژنراتور و دیاگرام قدرت آن می‌توان به عنوان جبران کننده بار راکتیو مجتمع استفاده کرد، برای رسیدن به این هدف با توجه به مصرف راکتیو گذشته و تولید قدرت اکتیو

ژنراتور توانستیم یك منحنی بهینه که از منحنی دیاگرام قدرت پائین تر می‌باشد بدست آوریم و توسط آن ضریب قدرت مجتمع را به حدود 0.9 برسانیم. (شکل "۴")

این ژنراتور دارای مشخصات زیر می‌باشد:

قدرت ظاهر ۱۸/۷۵ مگاولت آمپر

ضریب قدرت نامی ۰/۸

جریان نامی تحریك ۳۴۰ آمپر

جریان نامی استاتور ۹۰۵ آمپر

باتوجه به مشخصات بالا قدرت حقیقی نامی در ضریب قدرت ۰/۸ برابر ۱۵ مگاوات است خروجی ژنراتور موجود همانطور که ذکر شد با توجه به تولیدبخار حدود ۶ مگاوات می‌باشد با توجه به دیاگرام قدرت آن که در شکل ۴ آمده است می‌توان بار راکتیو لازمه جهت تصحیح ضریب قدرت را از آن گرفت طبق منحنی بهینه که برای صنایع چوکا رسم شد جهت تصحیح ضریب قدرت (در این حالت حدود ۹ مگاوار) لازم است که با بالا بردن جریان تحریك این بار را از ژنراتور دریافت کنیم در این حالت درجه حرارت سیم پیچ استاتور به حدود ۶۰ درجه می‌رسد که از درجه حرارت مجاز آن (۱۱۰ درجه) به مراتب کمتر می‌باشد.

مزایای این روش

همانطور که می‌دانیم هزینه نصب خازن جهت تصحیح ضریب قدرت به این مقدار زیاد بسیار بالا بوده و همچنین تعمیرات و نگهداری یك واحد بزرگ جبران کننده که دارای سیستم کنترل اتوماتیك، کنتاکتور و کلیدهای بزرگ باشد، بسیار بالا است ووجود یك گروه تکنسین و متخصص جهت این کار الزامی می‌باشد.

در حالی که تصحیح ضریب قدرت توسط ژنراتور موجود، هیچ یك از این هزینه ها را دربر نخواهد داشت.

نتیجه گیری

درکارخانجاتی که ژنراتورهای موجود در آنها فقط در هنگام قطع برق استارت می‌شوند. پس از مطالعه روی آن وبررسی اقتصادی می‌توان آنها را با شبکه پارالل نمود وبه عنوان جبران کننده از آنها استفاده نمود. درضمن لازم به‌ذکر می‌باشدکه از زمانی که از ژنراتور موجود به‌عنوان جبران کننده نیزاستفاده‌گردیدماهیانه‌حدود ۱۲ میلیون ریال درهزینه‌برق صرفه‌جویی شده است.