



رگولاتور چیست و چگونه کار می کند؟

رگلاتور اصلاح ضریب قدرت یکی از اساسی ترین اجزاء بانکهای خازنی با قدمتی تقریباً برابر با قدمت خازن است. علی رغم کاربردهای این وسیله، به جرات می توان گفت که مبهم ترین و رازآلوده ترین جزء یک بانک خازنی است

طبق تعریف مرسوم رگولاتور دستگاهی است که با اندازه گیری ضریب توان بار، به مقدارمورد نیاز خازن به مدار وارد می نماید.

این تعریف درعین جامعیت بسیارمبهم بوده و اطلاعاتی ازچگونگی تنظیم و دیگرمشخصات ارائه نمی دهد. هدف این مقاله پاسخ به سئوالاتی مانند :

رگولاتور چگونه کار می کند؟

نسبت C/K چیست؟

تنظیم ناصحیح چه تاثیری در عملکرد رگولاتور دارد؟

۳ به ۱۱ به چه معنایی است؟

تواتر سویچینگ چگونه تعیین می شود؟

اگر پلاریته PT. به اشتباه وصل شود چه رخ می دهد؟

و مواردی شبیه به آن است.

در این مقاله سعی شده تا اصول کلی و تئوریهها تا سرحد امکان به صورت ساده بیان شود و تنها اصولی بیان شوند که در تمامی انواع رگولاتورهای آنالوگ، الکترونیکی و رگولاتورهای بسیار پیشرفته میکروپروسسوری مشترک هستند.

مقاله به دوبخش تقسیم شده دربخش اول اصول و تئوریهها بیان می شوند و در بخش دوم اثر خطاهای معمول در نصب و تنظیم رگولاتور به صورت سؤال و جواب مطرح می شوند.

بخش اول

اصول کار رگولاتور:

فرض کنید بخواهیم بصورت دستی و بوسیله دستگاههای اندازه گیری توان اکتیو و راکتیو، ضریب توان را اصلاح نماییم همچنین فرض می نماییم که ۵ خازن هم ظرفیت q کیلوواری نیز در اختیار داریم روند تنظیم به شرح ذیل است:

مرحله (۱) اندازه گیری توان اکتیو و راکتیو

$$\text{مرحله (۲) محاسبه ضریب توان با استفاده از رابطه } \cos\varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

مرحله (۳) محاسبه توان راکتیو موردنیاز برای رسیدن به ضریب توان مطلوب $Q = P \cdot (\tan\varphi_1 - \tan\varphi_2)$

مرحله (۴) تزریق Q کیلووار راکتیو به مدار

در اینجا دو حالت پیش می آید:

حالت الف (Q کیلووار معادل q ۳/۸ است یعنی به سه پله و ۰/۸ یک پله نیاز داریم ولی نمی توانیم ۰/۸ یک پله را وارد مدار نماییم. دو انتخاب وجود خواهد داشت:

*- وارد کردن ۳ پله (به ضریب توان مطلوب نخواهیم رسید)

*- وارد کردن ۴ پله (ضریب توان از مقدار تنظیم شده بزرگتر خواهد شد)

کدام راه حل مناسبتر است؟

حالت ب (Q کیلووار معادل q ۴/۴ یعنی به ۴ پله و ۰/۴ یک پله نیاز داریم مجدداً مانند حالت الف دو راه وجود دارد.

*- وارد کردن ۴ پله که منجر به ضریب توانی کوچکتر از مقدار تنظیم شده می گردد.

*- وارد کردن ۵ پله که به ضریب توان بزرگتری دست خواهیم یافت.

مجدداً این سؤال پیش می آید که کدام مناسبتر است؟

چنین وضعیتی دقیقاً در رگولاتور نیز رخ می دهد.

فرض کنید که قبلاً مقداری خازن وارد مدار شده و ضریب توان اندازه گیری شده (محاسبه شده) از ضریب توان مطلوب بزرگتر است، لازمست تا فرضاً q ۱/۲ از خازنهای متصل، قطع شوند. یک خازن را قطع نماییم یا ۲ خازن را؟ در رگولاتورها معمولاً مقدار راکتیو مورد نیاز را به مضربی از کوچکترین پله گرد می نمایند. دو مثال زیر دو حالت متفاوت تصمیم گیری و عملکرد رگولاتور را نشان می دهد.

* در رگولاتوری اگر ۳/۴ پله مورد نیاز باشد ۳ پله وارد، و اگر ۳/۶ پله مورد نیاز باشد ۴ پله وارد می گردد

* رگولاتور دیگری به جای ۳/۷ پله، ۴ پله و به جای ۳/۶۹ پله، ۳ پله وارد می نماید.

همانگونه که مشخص شد باید در تنظیم و اصلاح ضریب توان درصدی خطا را بپذیریم.
در اینجا این سؤال مطرح می شود که:

*** چه میزان خطا مجاز است؟**

*** این خطا به چه عواملی بستگی دارد؟**

*** چگونه می توان آنرا کنترل کرد؟**

پاسخ به دو سؤال نهایی بسیار آسان است ظرفیت کوچکترین پله.

چون کل راکتیو موردنیاز به مضربی از کوچکترین پله گرد می شود هر چه این عدد کوچکتر باشد خطا کمتر است:
ولی کوچک ساختن پله اول موجب استهلاک تجهیزات، افزایش تعداد قطع و وصل ها، ایجاد شوک و تنشهای الکترومکانیکی و اختلالات الکترومغناطیس می گردد.

برای دست یابی به پاسخ سؤال اول چه میزان خطا مجاز است؟ که متناظر سؤال ظرفیت کوچکترین پله چگونه تعیین می گردد؟ به راهنمای طراحی بانکهای خازنی شرکت فراکوه مراجعه نمایید.

نسبت C/K چیست و چگونه تعریف می شود؟

نسبت C/K در واقع تعیین کننده دقت یا خطای تنظیم است. معمولاً میزان خطا متناسب با ضریبی بین ۰/۵ الی ۰/۶۵ کوچکترین پله بانک خازنی است.

در رگولاتوری که مبنای خطا ۰/۶۵ کوچکترین پله است: بجای ۵/۶۷ برابر کوچکترین پله $(0.65 \cdot q)$ ، ۶ برابر کوچکترین پله $(6 \cdot q)$ به مدار وارد می گردد و بجای ۵/۴ برابر کوچکترین پله $(5.4 \cdot q)$ ، ۵ برابر کوچکترین پله $(5 \cdot q)$ وارد مدار می گردد.

در ابتدای مقاله فرض شد که دستگاههای اندازه گیری توان اکتیو و راکتیو در اختیار داریم. در رگولاتور از جریان اکتیو و راکتیو برای کنترل و تصمیم گیری استفاده می شود و بجای آنکه توان راکتیو مورد نیاز با ظرفیت کوچکترین پله مورد مقایسه قرار گیرد جریان راکتیو بار با جریان راکتیو کوچکترین پله مورد مقایسه قرار می گیرد، حد خطا نیز بجای ۰/۶۵ توان کوچکترین پله $(0.65 \cdot q)$ ، معادل ۰/۶۵ برابر جریان راکتیو کوچکترین پله $(0.65 \cdot I_c)$ خواهد بود.

از طرفی جریانها از طریق ترانس جریان کاهنده اندازه گیری می شوند لذا اگر ظرفیت کوچکترین پله Q کیلو وار باشد با اتصال آن به شبکه جریان راکتیوی برابر $\frac{Q}{\sqrt{3} \cdot U}$ به شبکه تزریق می شود و پس از عبور از CT در مدار

داخلی رگولاتور جریان $\frac{Q}{\sqrt{3} \cdot U \cdot K}$ (K نسبت تبدیل ترانس جریان) اندازه گیری می شود.

با اتصال کوچکترین پله به شبکه در رگولاتور جریان $\frac{Q}{\sqrt{3} \cdot U \cdot K}$ اندازه گیری می شود.

پس حد خطا بصورت زیر که فرم آشنای C/K است تبدیل می گردد

$$C/K = 0.65 \cdot \frac{Q}{\sqrt{3} \cdot U \cdot K}$$

بخش دوم

اگر C/K را به مقدار بزرگتری تنظیم کنیم چه تغییری در عملکرد رگولاتور پدید می آید؟

وقتی C/K به مقدار بزرگتری تنظیم گردد ، بدین معنی است که ظرفیت کوچکترین پله بزرگتر از حد واقعی اعلام شده است . لذا در ضریب توان اندازه گیری شده باید تغییر بیشتری نسبت به حالت تنظیم صحیح C/K ایجاد گردد تا پله ای قطع یا وصل گردد. خطا افزایش می یابد.

اگر C/K را به مقدار کوچکتری تنظیم نماییم چه تغییری در عملکرد رگولاتور پدید می آید؟

با این تنظیم مقدار ظرفیت کوچکترین پله ، کمتر از مقدار واقعی اعلام می شود. و با تغییر کوچکی در ضریب توان یک پله قطع یا وصل می گردد. خطا کمتر می شود ولی امکان نوسان (قطع و وصل متوالی) یک پله وجود دارد.

اگر C/K صحیح تنظیم شود ولی نسبت CT به مقداری بزرگتر (کوچکتر) تنظیم گردد چه رخ می دهد؟

در اکثر رگولاتورها تنظیم نسبت CT تاثیری در عملکرد رگولاتور ندارد بلکه تنها برای نمایش مقدار دقیق جریان اندازه گیری شده بکار می رود. ولی اگر در رگولاتوری این ضریب تاثیری در عملکرد درونی رگولاتور داشته باشد افزایش (کاهش) آن متناظر کاهش (افزایش) نسبت C/K است.

در شبکه ای با ولتاژ بیش از ۴۰۰ ولت باید از PT برای رگولاتور و اندازه گیری ها استفاده کرد. آیا نسبت C/K تغییر می کند؟

خیر C/K از همان رابطه $\frac{Q}{\sqrt{3} \cdot U \cdot K}$ محاسبه می گردد و نسبت تبدیل PT در آن تاثیری ندارد.

در بعضی از رگولاتورها نسبت C/K بصورت $\frac{Q}{K}$ که Q ظرفیت کوچکترین پله و K نسبت تبدیل CT است

تعریف می گردد. چرا این فرمول با فرمول $\frac{Q}{\sqrt{3} \cdot U \cdot K}$ متفاوت است؟

این نوع رگولاتورها تنها برای یک ولتاژ معین قابل استفاده هستند. در این نوع، ضریب $0.65 \cdot \frac{Q}{\sqrt{3} \cdot U}$ برای ولتاژ

خاصی مثلاً ۴۰۰ ولت محاسبه می گردد و در نسبت $\frac{Q}{K}$ بصورت اتوماتیک ضرب می گردد.

در صورت استفاده از این رگولاتورها برای ولتاژی متفاوت با ولتاژ اصلی آنها چه اتفاقی رخ می دهد؟
 اگر ولتاژ بزرگتر از ولتاژ اصلی باشد همانند کوچک کردن C/K خواهد بود و اگر ولتاژ کمتر از ولتاژ اصلی باشد مطابق بزرگ ساختن C/K خواهد بود .

آیا فرمول دیگری برای C/K وجود دارد؟

$$Q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_c = \sqrt{3} \cdot U^2 \cdot \omega \cdot C \Rightarrow c/k = \frac{Q}{\sqrt{3} \cdot U \cdot K} = 0.65\sqrt{3}U\omega \times \frac{C}{K}$$

باتوجه به این فرمول دیده می شود که اگر ضریب $0.65\sqrt{3}U\omega$ برای شرایط خاصی محاسبه گردد. مقدار رابطه به نسبت ظرفیت خازن (C) و نسبت CT (K) بستگی دارد و علت آنکه ضریب خطا را C/K می نامند همین رابطه است.

رگولاتورها ی میکروپرسسوری چگونه کار می کنند؟

این رگولاتورها از عملیات پیچیده ریاضی برای محاسبات استفاده می نمایند : آنها از تبدیلات فوریه برای جداسازی اجزا، اکتیو، راکتیو، دامنه هارمونیکها و... استفاده می نمایند ولی بر اساس اصول بیان شده دربخش اول کار می کنند.

درمواقع بار کم رگولاتور پله ای را وارد مدار نمی نماید؟

ظرفیت کوچکترین پله بزرگ است .

آیا می توان با تغییر C/K پله را به مدار وارد کرد؟

پله با کوچک ساختن C/K می توان پله را به مدار وارد کرد ولی احتمال آنکه سیستم خازنی شود وجود دارد.
با وجود آنکه C/K صحیح تنظیم شده است ولی بعضی مواقع (بویژه کم باری) سیستم کاپاسیتیو می شود.

علت این امر وجود خطاهای داخلی رگولاتورها است باید از رگولاتور پیشرفته تری استفاده کرد .

اگر پلارینه CT ویا PT معکوس به رگولاتور متصل شود چه رخ می دهد؟

اگر تنها پلارینه CT و یا PT معکوس شوند: در صورتیکه سیستم پس فاز (اندوکتیو) باشد رگولاتور ضریب توان پیش فاز (کاپاسیتیو) نشان می دهد و در صورتیکه سیستم پیش فاز (کاپاسیتیو) باشد رگولاتور ضریب توان پس فاز (اندوکتیو) نشان می دهد.

اگر پلارینه هر دو معکوس شود هیچ مشکلی پیش نمی آید.

اگر PT به فازی که CT به آن متصل است وصل نشود چه مشکلی پیش می آید؟

بسته به آنکه به کدام فاز متصل شده باشد پاسخها متفاوت است .

مثلاً اگر CT به R و PT به SN متصل شده باشد شرایط زیر رخ می دهد

(۱) اگر ضریب توان بار بزرگتر از ۰/۸۶۶ اندوکتیو باشد رگولاتور ضریب توان را خازنی نشان می دهد

(۲) اگر ضریب توان بار کوچکتر از ۰/۸۶۶ اندوکتیو باشد ضریب توان اندوکتیو و بسیار کوچک نشان داده میشود

مثلاً ضریب توان ۰/۷ اندوکتیو ، ۰/۲۵۸ اندوکتیو نشان داده می شود .

آیا رگولاتوری وجود دارد که مشکلات فوق را اتوماتیک حل کند؟

بله رگولاتورهای FRAKO قابلیت شناسایی محل اتصال CT و PT بصورت اتوماتیک را دارد و اتصالات ناصحیح در آن خللی ایجاد نمی نماید.

توالی یا سیکونس چیست؟

برای افزایش دقت و تنظیم دقیق ضریب توان باید پله اول را بسیار کوچک کرد که منجر به افزایش تعداد پله ها در بانک می شود مثلاً بانک خازنی ۴۰۰ کیلوواری با پله های ۲۵ کیلوواری شامل ۱۶ پله است. توالی روشی است که بدون کاهش دقت، تعداد پله ها را کاهش می دهند. برای بانک خازنی مثال فوق می توان پله اول و دوم را ۲۵ کیلووار و هفت پله دیگر را ۵۰ کیلووار قرار داد که تعداد کل پله ها به ۹ تقلیل می یابد.

حتی اگر پله اول برابر ۲۵ کیلووار - پله دوم ۵۰ کیلووار - پله سوم ۷۵ کیلووار - پله چهارم - پنجم و ششم ۱۰۰ کیلووار باشد با ۶ پله بدون کاهش دقت بانک خازنی ۴۰۰ کیلو وار پیاده سازی می شود و یا حتی میتوان در ۶ پله با پله اول ۲۵ کیلووار یک بانک خازنی ۷۷۵ کیلوواری را پیاده سازی کرد.

۱:۱:۱:۱	به توالی که تمامی پله ها هم ظرفیت باشند
۲:۲:۲:۲	و به توالی دوم این مثال
۱:۲:۳:۴:۴:۴	و به توالی سوم در مثال فوق
۱:۲:۴:۸:۸:۸	و به توالی نهایی توالی می گویند.

چه شرایطی در مرتب سازی پله ها برای یک توالی خاص باید مد نظر قرار بگیرد؟

لازمست تا بوسیله ترکیب پله های یک توالی به هر مضربی از کوچکترین پله دست یافت مثلاً توالی ۱:۲:۵:۱۰:۱۰:۱۰ توالی صحیحی نمی باشد چرا که با هیچ ترکیبی از پله ها نمیتوان به برابر پله اول دست یافت

آیا رگولاتورها تمامی توالی ها را تامین می کنند؟

خیر، اکثر رگلاتورها دو توالی ... ۱:۱:۱:۱ و ... ۱:۲:۲:۲ را تامین می کنند. رگلاتورهای FRAKO، ۲۴ توالی گوناگون را تامین می کند. برای کسب آگاهی بیشتر به کاتالوگ رگولاتورهای FRAKO مراجعه نمایید.

مثلاً در توالی ۱:۲:۳:۴:۴:۴ با پله اول ۱۵ کیلووار قطع و وصل ها بصورت زیر است..

مرتبه پله	۱	۲	۳	۴	۵	۶
مضرب توالی	۱	۲	۳	۴	۴	۴
ظرفیت پله	۱۵	۳۰	۴۵	۶۰	۶۰	۶۰

پله ششم	پله پنجم	پله چهارم	پله سوم	پله دوم	پله اول	ظرفیت مورد نیاز (کیلووار)	ردیف
۶۰	۶۰	۶۰	۴۵	۳۰	۱۵	۱۵	۱
				*	*	۳۰	۲
			*			۴۵	۳
			*		*	۶۰	۴
			*	*		۷۵	۵
			*	*	*	۹۰	۶
		*		*	*	۱۰۵	۷
		*	*		*	۱۲۰	۸
		*	*	*		۱۳۵	۹
		*	*	*	*	۱۵۰	۱۰
	*	*		*	*	۱۶۵	۱۱
	*	*	*	*		۱۹۵	۱۲
	*	*	*	*	*	۲۱۰	۱۳
*	*	*		*		۲۱۰	۱۴
*	*	*		*	*	۲۲۵	۱۵
*	*	*	*		*	۲۴۰	۱۶
*	*	*	*	*		۲۵۵	۱۷
*	*	*	*	*	*	۲۷۰	۱۸

همانطور که دیده می شود با ۶ پله ۱۸ حالت متفاوت بدست می آید روش دیگری برای نام گذاری بصورت (۶ به ۱۸) یا (۶ به ۱۸ خروجی) است.