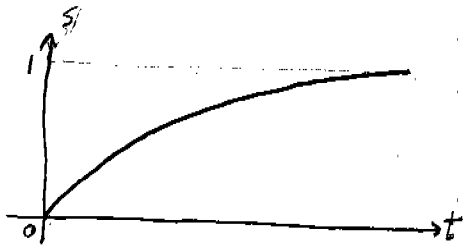
البته چند ثانیه بستگی به H سیستم دارد و هرچه H بزرگتر باشد کندتر تغییر می‌کند، بنابراین موتورهای کوچک در اثر غالت سریعاً stall می‌شوند. برخلاف موتورهای بزرگ.

۱۰-۱



از جنس دیرنگتورهای کارخانجات ۵ یا ۲۵ سکل است و رله‌ها هم معمولاً ۱۵۰ms است. بنابراین چیزی در حدود ۲۰۰ms ۲۰۰ تا ۳۰۰ms قطع غالت حل می‌کند.

معمولاً با توجه به مطالب فوق، هنگام بروز غالت از نقطهٔ پیک رد می‌شویم و اگر تیل از A قطع کنیم، دوباره موتور باز تابین می‌گردد ـــ. اگر مشخصه کویل ما تند خور باشد (خط چین) غالت به سمت ۱ sec می‌رود و پس از قطع دوباره به نقطهٔ کار برمی‌گردد.

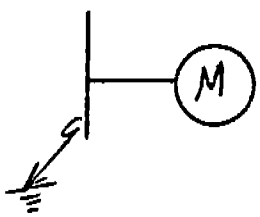
مطالب بالا در مورد موتور آسنکرون است، در موتور سنکرون بحث تغییر angle را در هنگام پایداری داریم.

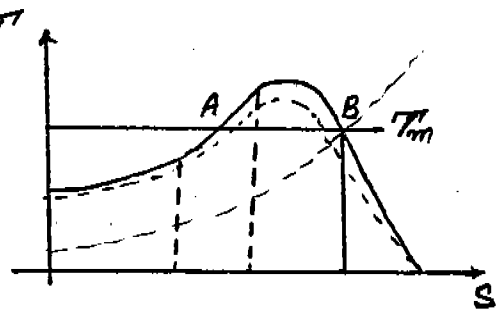
فصل چهاردهم

نجات موتورها در شرایط اتصال کوتاه (Recovery of motors from fault)

۱ـ۱۴ مسئلهٔ ناپایداری موتور آسنکرون

به شکل زیر توجه کنید. اگر اتصال کوتاهی در ترمینال موتور اتفاق بیافتد در اینصورت کویل الکتریکی ورودی به موتور صفر می‌شود در حالیکه کویل مکانیکی ثابت است. در اینحالت دور موتور کاهش می‌یابد و در نتیجه لغزش آن افزایش می‌یابد. اگر اتصالی قبل از اینکه به نقطهٔ A در شکل زیر برسیم رفع گردد در اینصورت چون کویل الکتریکی بیشتر از کویل مکانیکی است موتور دوباره به نقطهٔ کار نامی خود یعنی B برگشته و به کار ادامه می‌دهد (البته چون این نقطه قبل از نقطهٔ کویل ماکزیمم قرار دارد، جریانی برابر جریان استارت از شبکه می‌کشد که خود باعث افت ولتاژ می‌شود و منحنی کویل سرعت را پائین می‌آورد). امّا اگر اتصالی بعد از عبور موتور از نقطهٔ A قطع گردد در اینصورت کویل مکانیکی از کویل الکتریکی بیشتر است و موتور زیر بار می‌ماند و باصطلاح Stall می‌گردد. که این Stall شدن موتور را اصطلاحاً ناپایداری موتور اسنکرون می‌گویند. نکته ۱





حذف زیر سرعت محل بالا و دقت بالا ← محدود بودن زمانی پایداری ← سقوط ماکزیمم T_e ← افت ولتاژ ← رفع غالت ← بروز غالت

۵۶

ناپایداری سیستم ← خواهیم نیروگاه ← از کار افتادن کهرسوریک و یک تمرینه نیروگاه

۲ـ۱۴ نجات موتورها در شرائط اتصال کوتاه

حال یک سیستم بزرگتر مثلاً یک کارخانه را در نظر بگیرید. در اثر اتصال کوتاه تمامی موتورها ولتاژ کمی را از شبکه دریافت می‌نمایند و بنابراین به سمت Stall شدن حرکت می‌کنند. حال فرض نمائید که اتصال کوتاه قبل از نقطهٔ A رفع گردد و همگی موتورها شروع به حرکت به سمت نقطهٔ B نمایند. این عمل درست مانند اینست که تمامی موتورهای کارخانه در حال استارت شدن باشند و بنابراین جریان زیادی از شبکه کشیده می‌شود که این جریان زیاد باعث افت ولتاژ در شبکه می‌شود که بخودی خود ممکن است (بعلت ناکافی بودن کویل الکتریکی) باعث Stall شدن موتورها گردد. یکی از وظایف مهندس طراح کارخانه نجات موتورهای مهم در شرائط اتصال کوتاه یا اصطلاحاً Recovery of motors from fault می‌باشد.
البته ژنراتورها و ماشینهای سنکرون هم باید در شرائط مذکور، قابلیت بازیابی را داشته باشند.

در موقع اتصال کوتاه ولتاژ تمامی نقاط شبکه کاهش خواهد یافت و در نتیجه موتورهای موجود در شبکه کاهش سرعت داده و ژنراتورهای سنکرون هم سرعت میگیرند. اگر اتصالی سریعاً برطرف شود سیستم ممکن است که به حالت پایدار خود برسد. این حالت نشان‌دهندهٔ این است که شبکه کاملاً قوی است امّا در کارخانجات این حالت بسیار نادر است همگی موتورها بخودی خود از اتصالی نجات پیدا نخواهند کرد. ضعف نورچراغها پس از رفع قطع برق بدلیل استارت موتورها است.

۱ـ۲ـ۱۴ در نظرگیری نوع اتصال کوتاه

در مطالعه رفتار و پاسخگویی سیستم به اتصال کوتاه لازم است که نوع اتصالی که سیستم می‌باید در مقابل آن پایدار بماند مشخص گردد. اتصال کوتاه سه فاز معمولاً بیشترین افت ولتاژ را حاصل می‌کند اما ممکن است سریعترین قطع را نیز داشته باشد. در شبکه‌های انتقال در ولتاژهای بالا اتصالی سه فاز بندرت صورت می‌گیرد بطوریکه در طراحی، در نظرگیری اتصال کوتاه سه فاز در این خطوط باعث افزایش هزینه‌ها خواهد شد. معمولاً اتصال کوتاه دو فاز و یا در ولتاژهای خیلی بالا اتصال کوتاه تک فاز

در نظر گرفته می‌شود. امّا در شبکه‌های توزیع اتصال کوتاه دو فاز یا فاز به زمین در کابلها بسرعت (قبل از قطع شدن) ممکن است به اتصال کوتاه سه فاز تبدیل گردند. بنابراین در شبکه‌های توزیع مبنای طراحی می‌باید بر پایهٔ اتصال کوتاه سه فاز انجام گیرد.

بدترین نوع حالت، حالت سه فاز است چرا که ولتاژ صفر می شود و اصلاً کوپل الکتریکی نداریم. برخلاف حالت تکفاز که کندترین سمت آن می رود. بنابراین جهت لازم جهت رفع حالت است. بنابراین در این شرایط بدترین نوع حالت یعنی سه فاز را در نظر می گیریم

احتمال وقوع: وقتی کابل بود، حالت سه فاز / وقتی هوائی بود، تک فاز

۲ـ۲ـ۱۴ محاسبات مربوط به نجات موتورها در شرائط اتصال کوتاه

در یک شبکهٔ واقعی مسئلهٔ پایداری گذرا جهت تست سیستم و مقابله با مسئلهٔ ناپایداری ژنراتورهای سنکرون و موتورهای آسنکرون شبیه‌سازی می‌گردد. معمولاً این مهم با ایجاد سناریوهای مختلف و ایجاد اتصال کوتاه در یک نقطه از شبکه و مشاهدهٔ پاسخ سیستم انجام می‌گیرد.

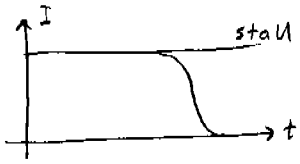
نجات موتورها در هنگامیکه اتصال کوتاه در خطوط تغذیهٔ اصلی ورودی به کارخانه ایجاد می‌گردد ممکن است خیلی مشکل باشد. امّا در این حالت نیز می‌توان از تکنیکهائی از قبیل کاهش بار در روزهائی که احتمال اتصال کوتاه در شبکه زیاد است و یا از ژنراتورهای اضطراری داخل کارخانه که بارهای مهم و حساس را جدا از شبکه تغذیه می‌نمایند استفاده نمود که ممکن است مؤثر باشد. بهرحال نجات موتورها در تمامی شرائط بسیار مشکل است. مهندس طراح یا بهره‌بردار از شبکهٔ برق می‌باید شرایط مختلف نجات موتورهای ضروری را همیشه در مدنظر داشته باشد. در بخش بعدی مفصلاً در مورد راههای نجات موتورها صحبت خواهد شد.

با اینکه برای محاسبه و تصمیم‌گیری می‌باید کل شبکه را شبیه‌سازی نمائیم، اجازه بدهید در اینجا به یک مثال کوچک اشاره کنیم:

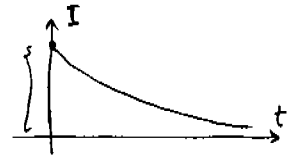
مثال: ماکزیمم بار موتوری را که می‌توان بر روی باس بار 380^{V} با قدرت اتصال کوتاه 28^{MVA} قرار داد تا اینکه موتورها در شرائط اتصال کوتاه بتوانند نجات یابند محاسبه نمائید.

(قدرت و عمل)

پس در stall، جریان بالا می‌گذرد. در موتورهای بزرگ میزبه وسائل حفاظتی (stall) هستند. ولی در موتورهای کوچک نمی‌شود. چون معمولاً با منبع محافظت می‌گردد. پس بیشترین امکان سوختن در موتورهای مثلاً یخچال است. اگر بار مکانیکی فن باشد، stall نمی‌شود ولی اضافه ولتاژ از start فن را در نظر گرفت.



در لحظه راه اندازی



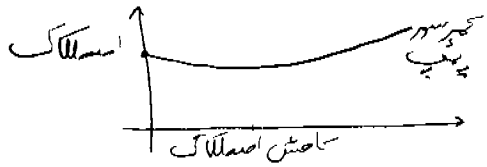
$SCC = 28^{MVA}$

$\Downarrow$

RMS make : $SCC \le 15^{MVA} \Rightarrow 15^{MVA} \underbrace{\sqrt{I_{dc}^2 + I_{RMS}^2}}_{\text{راه اندازی}}$ { switching duty

انواع بار مکانیکی فن { ۱) تخلیه دود توسط فن ۲) تولید دیگرام در کارخانه چای

گشتاور مقاوم فن با افزایش می‌یابد (بدلیل مقاومت هوا که با سرعت افزایش می‌یابد). مقدار اولیه گشتاور آن ناشی از اصطکاک و گشتاور اولیه است.

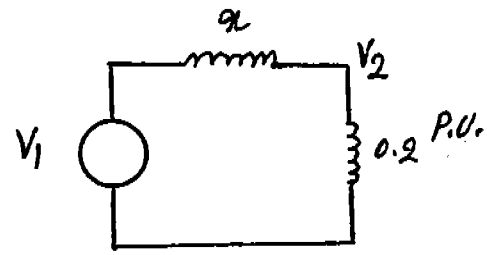


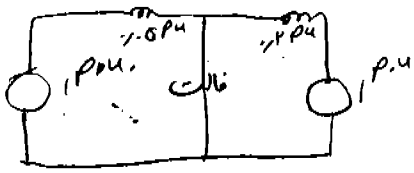
حل: قدرت موتورهای نصب شده در این باس بار را X^{MVA} فرض می‌نمائیم و مبنای محاسبات را نیز X^{MVA} می‌گیریم. (مبنای مقاومتهای موتورها را)

در اینصورت جریان نامی موتور برابر $1^{P.U.}$ می‌باشد و در نتیجه جریان استارت موتور برابر $5^{P.U.}$ یعنی 5 برابر جریان نامی است. بنابراین راکتانس موتورها $0.2^{P.U.}$ است. اگر بخواهیم که هنگام استارت (یعنی هنگامیکه اتصال کوتاهی در شبکه اتفاق افتاده است و رفع گردیده و موتورها همگی در حالت استارت هستند) موتورها از اتصالی نجات پیدا کنند، نباید ولتاژ ترمینال موتورها از $0.8^{P.U.}$ کمتر گردد چون در غیر این صورت حتماً موتورها Stall خواهند شد. بنابراین فرض، راکتانس معادل تونن شبکه می‌باید:

$$V_2 = \frac{0.2}{0.2 + x} V_1 = 0.8 V_1$$

$$x = 0.05^{P.U.}$$





باشد. قدرت وصل دژنکتوری که به این باس بار وصل می‌گردد برابر است با

$$\text{قدرت وصل} = \frac{1}{0.05} + \frac{1}{0.2} = 25^{P.U.} \quad \text{یا} \quad = \frac{1}{0.2 // 0.05} = 25^{P.U.}$$

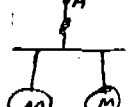
جریان موتور / جریان اتصالی

این قدرت وصل می‌باید با قدرت اتصال کوتاه باس بار برابر باشد یعنی

$$25^{P.U.} * X^{MVA} = 28^{MVA}$$

$$X \cong 1.2^{MVA}$$

یعنی ماکزیمم توان موتوری که از باس بار 380^{V} می‌توان گرفت 1.2^{MVA} می‌باشد. در عمل معمولاً در این سطح ولتاژ، قدرت 1^{MVA} توان موتوری قابل دریافت است.

در مسأله بالا اگر بصورت  بود هر دو موتور شبکه را از A می بینند.

اگر استارت جداگانه باشد دیگر مسأله‌ای نیست.

۵۹

تکلیف: کامپیوتر در لحظه روشن کردن ۱ تا ۲ برابر جریان می کشد.
خاموشت ۲ تا برابر جریان او لیه

حال ببینیم که چطور می‌توان این محدودیت را افزایش داد. یعنی از باس بار مثلاً 380V قدرتی بیشتر از 1MVA دریافت نمود.

۳ـ۲ـ۱۲ خروج بار و استارت مرحله‌ای موتورها

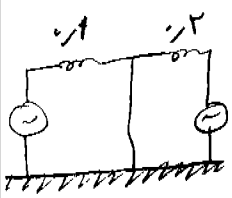
(Load Dropping and Phased Reacceleration)

کاملاً بندرت در یک کارخانه تمامی موتورها ضروری می‌باشند. مهندسین کارخانجات شیمیائی و پتروشیمی معمولاً ادعا دارند که تمامی موتورها ضروری هستند امّا وقتیکه فوائد خروج چند موتور برای آنان تشریح گردد آنها نیز قبول خواهند نمود. در مثالی که در بالا آمد یکی از محدودیت‌ها این بود که ما می‌خواستیم تمامی موتورها را نجات دهیم. امّا می‌توانیم مثلاً نصف موتورها را (در هنگام اتصال کوتاه) عمداً خارج نمائیم و بقیهٔ موتورها را نجات دهیم. وقتیکه نصف اوّل نجات یافتند می‌توان نصفه بعدی را مجدداً وصل نمود. اگر مثال قبلی را در نظر بگیریم با این‌طرح همگی موتورها موقع اتصالی در داخل اتصالی جریان می‌ریزند امّا امپدانس مؤثر موتورها در هنگام نجات بجای 0.2 P.U. به 0.4 P.U. افزایش یافته است.

با انجام محاسبات مثال قبلی با امپدانس 0.4 P.U. برای موتورها خواهیم داشت.

$$V_2 = \frac{0.4}{0.4 + 0.1} V_1 = 0.8 V_1$$

$X_L = 0.1$ P.U.



$$\text{قدرت وصل} = \frac{1}{0.1} + \frac{1}{0.2} = 15 \text{ P.U.}$$

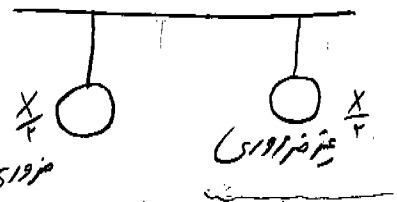
(جریان مدار کوتاه) ← $\frac{1}{0.1}$

($\frac{1}{0.2}$ ← جریان موتورها)

چون در حین اتصال کوتاه همهٔ موتورها داخل مدارند و دارند استارت می‌شوند ولی ما بعدش قطع می‌کنیم.

$$15 * X = 28$$

$$X \cong 2 \text{ MVA}$$



هدف: نجات هم‌آمل بعضی ازموتورها درشرایط احتمال است.

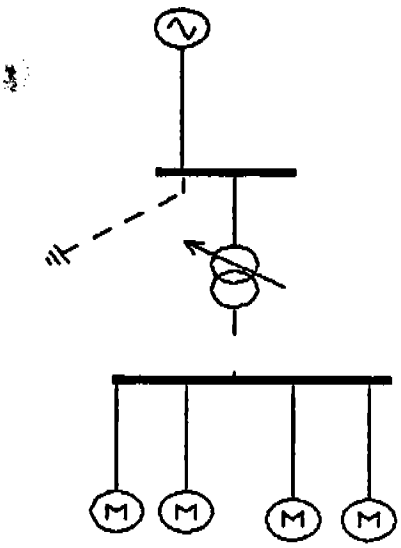
راههای نجات موتورها ازخوابیدن زیربار:

طرح‌ها خودشکله ازابتداء با درنظرگرفتن تمام این مسائل مانند مثال قبل.

برای استارت موتوری توان اندا بار موتور اکم کرد. امامی دانیم که مالت درحین کارکرد اتفاق افتاده قابار رادرآن لحظه کم کنیم. پس مساسات مثال قبل مهم است.

بحث این با استارت موتور متفاوت است و شاید بتوان گفت که بهنگام استارت بتوان باربیتری راروی باس بار قرار دارد. چراکه لزوماً همهٔ موتورها با هم استارت نمی‌شوند. امابهنگام بروزمالت وبهنگام کارو قطع آن مسئله فرق می‌کند که اینجا بحث می‌کنیم. درواقع بهنگام استارت تنظیمات (اعزام راه اندازی) خاصی صورت می‌گیرد که بهنگام بروز مالت بدلیل غیرمنتظره بودن آن امکان چنین تنظیماتی نیست وممکن است پس ازرفع مالت برخلاف میل، چندین موتور باهم استارت شوند ونه بصورت ترتیبی.

NETWORK DIAGRAM DRAWING UTILITY - H FOR HELP-X TO EXIT



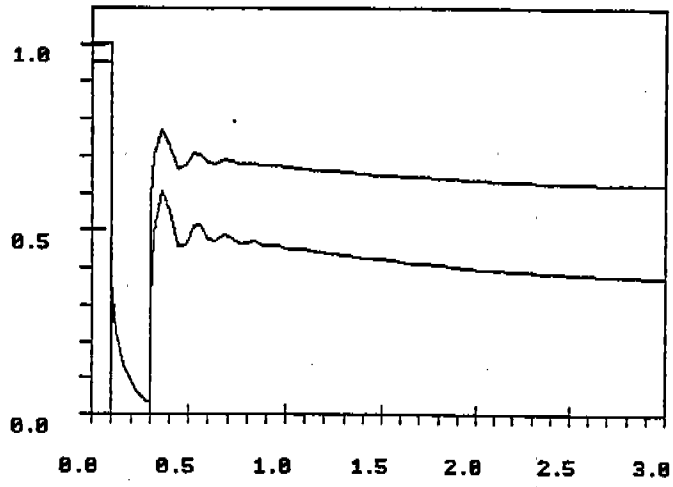
COPYRIGHT (C) TOM Ltd 1988 TIME :

در کارخانه ماکارون سازی هم انگور نه است. اگر نشد

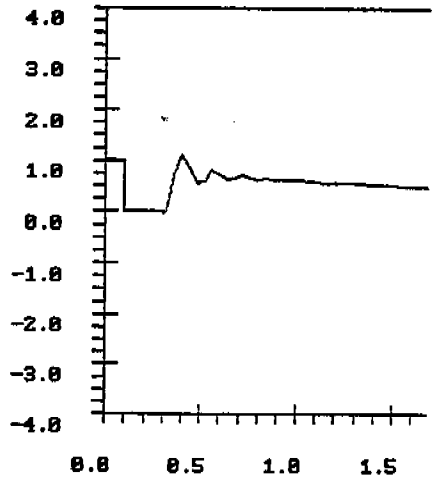
ترانس موازی
کابل موازی
سایپورت ولتاژ یک نقطه
منبع SVC
زیروگاه سیازم

LOAD DROPPING AND PHASED REACCELERATION

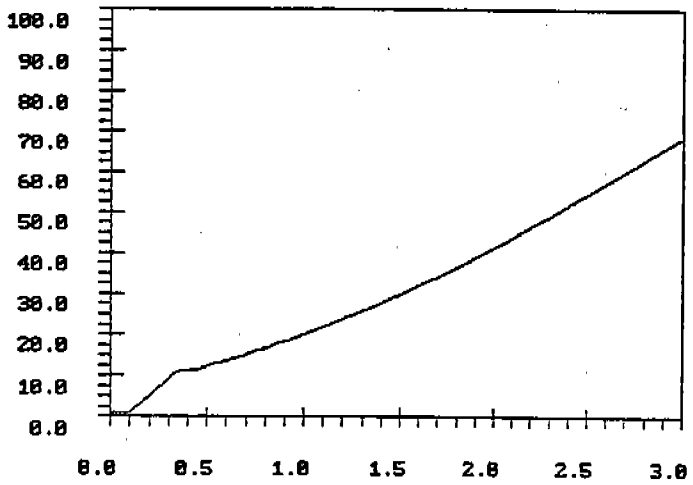
Graph 1: BUSBAR VOLTAGE



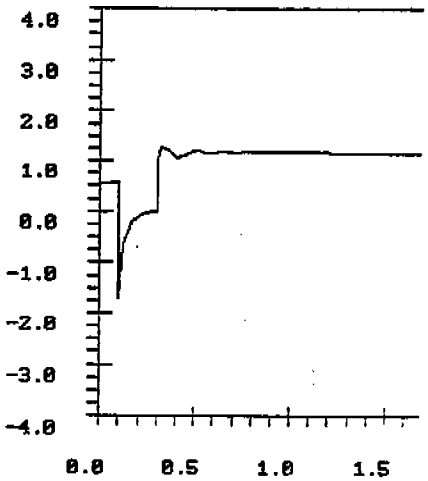
Graph 3: IM POWER (MW)



Graph 2: IM SLIP



Graph 4: IM POWER (MVAR)



COPYRIGHT (C) TOM Ltd 1988 TIME :

بنابراین با طرح بالا و اضافه نمودن چند رله جهت تشخیص خطا می‌توان قدرت باس بار را به 2 MVA افزایش داد. این طرح معمولاً در کارخانجات صنعتی مورد استفاده قرار می‌گیرد.(خوارده مبارکه آنگونه است)

در یک شبکهٔ واقعی، موتورها می‌توانند به دو دسته تقسیم گردند. دسته اول موتورهائی که وجودشان بسیار ضروری است و دستهٔ دوم آنهائی که می‌توان برای یک مدت خیلی کم بدون صدمه به خط تولید خارج نمود. هرچه تعداد موتورهای ضروری کمتر باشد بهتر می‌توان سیستم را بعد از خطا نجات داد.

موتور ضروری — پمپهای آب دورکوره — موتور غیرضروری — نوار حرکت — ممکن است نصف نباشد و (۱/۳ و ۲/۳) باشد. این با شبیه‌سازی معلوم می‌گردد.

وقتیکه اتصالی در یک سیستم اتفاق می‌افتد ولتاژ سیستم در همه جا کاهش می‌یابد و از این کاهش ولتاژ می‌توان جهت تشخیص وجود خطا در سیستم استفاده نمود. البته رله‌های معمولی ولتاژ (under voltage relays) در اکثر موارد قابل استفاده جهت این منظور نمی‌باشند چراکه اولاً آنها معمولاً بر روی هر سه فاز قرار نمی‌گیرند و ثانیاً دقیق عمل نمی‌نمایند. رله‌های معمولی ولتاژ در بیشتر جاها جهت جلوگیری از خطر استارت مجدد موتور در اثر خاموشی نصب می‌گردد تا بعد از روشنائی و استارت مجدد موتورها باعث ایجاد خطر جانی نگردد. در حقیقت اکثر رله‌های ولتاژ جهت این منظور نصب می‌شوند و اگر بخواهیم موتورها را نجات بدهیم می‌باید از رله‌های تأخیر زمانی استفاده کنیم. معمولاً از رله‌های DC که جریان خروجی آنان می‌تواند برای مدتی ثابت باقی بماند و توسط یک آلارم، نشان داده شود استفاده می‌شود. (اگر مدت زمان گذر ولتاژ پائین باشد، رله قطع کند، باسبار زیاد نشود، رله اینجا تا ۵ باید قطع کند. load shedding: برای نجات ژنراتورها، مشکل ترکانی است و تا ۵ برای نجات وقت داریم)

طراح شبکه، بنابراین می‌باید نجات موتورهای ضروری را برای تمامی اتصال کوتاه‌های (باور کردنی) در نظر بگیرد. بعد از اینکه (۱ تا ۲ ثانیه) موتورهای ضروری نجات یافتند بقیهٔ موتورها که خارج شده‌اند می‌توانند استارت شوند. البته مراحل استارت موتورها نیز می‌تواند تقسیم‌بندی گردد. برای این منظور موتورها به چندین گروه تقسیم می‌شوند و در دسته‌های چند تائی استارت می‌گردند. البته انتخاب نوع تقسیم‌بندی موتورها بستگی به قدرت تغذیه باس بار (همان قدرت اتصال کوتاه باس بار) دارد.

راه دیگر نجات موتورهای ضروری اینست که تمامی موتورهای غیر ضروری را که تا ۲ ثانیه نجات نمی‌یابند خارج نمائیم. چرا که این موتورها فقط کار نجات را برای بقیهٔ موتورها مشکل می‌نمایند.

تکنیک نجات موتورها که در بالا ذکر شد باعث می‌شود که یک مجتمع صنعتی توانِ خروج از حالات اضطراری شدید را داشته باشد و در حقیقت می‌توان به این تکنیک بصورت کاهش بار راکتیو در مدت نجات نگاه کرد. راههای دیگری نیز برای انجام این مقصود وجود دارد. در حالت کار عادی سیستم می‌توان یک راکتور خیلی بزرگ در شبکه نصب نمود و در هنگام اتصالی این راکتور را خارج نمود. البته باید در نظر داشت که وقتیکه موتورها استارت شدند، و در نتیجه نیاز به بار راکتیو در شبکه کاهش یافت، باعث ایجاد ازدیاد ولتاژ در شبکه نشوند. راه دیگر استفاده از بانک خازنی و سویچ آن در هنگام اتصالی است. که این نیز باعث ازدیاد ولتاژ بعد از استارت موتور می‌شود. بهرحال دو تکنیکی که هم‌اکنون تشریح شد از نظر اقتصادی قابل جا انداختن نمی‌باشند چرا که مستوجب پرداخت پول زیادی در شرائط عادی کار سیستم می‌باشند.

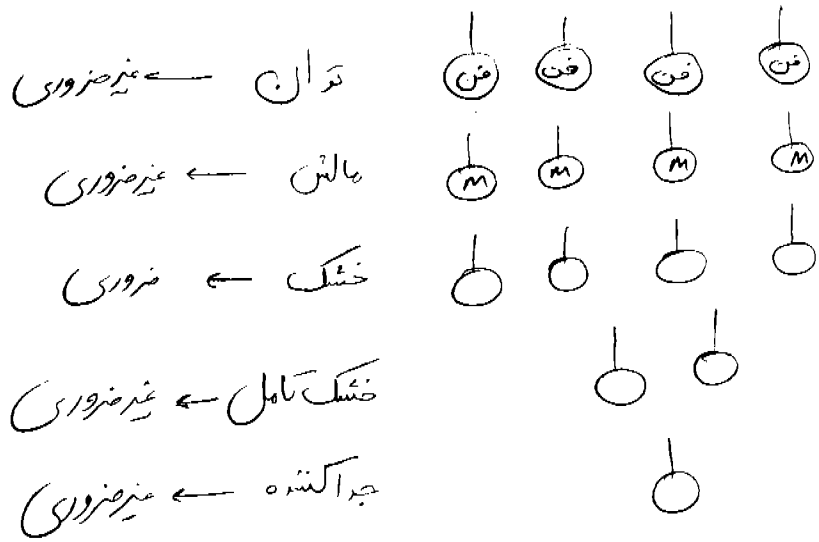
بد نیست که در اینجا مسائلی را که در بالا ذکر شد برای یک شبکهٔ ساده توسط برنامه PASHA تست نمائیم. شبکهٔ انتخاب شده و نتایج آنالیز در شرائط مختلف در اشکال صفحهٔ بعد رسم شده‌اند. همانطوریکه مشاهده میگردد وقتیکه نصف موتورها خارج شده‌اند باعث نجات بقیهٔ موتورها شده است. همچنین توان راکتیو درخواستی و ولتاژ باس بار موتوری ترسیم شده است.

مجتمع رازی آنیگونه شده بود که موتورها خوابیدند و در عرض ۳ ساعت ۷۳۵۵۵۵ دلار ضرر کردیم.

دوتر اسن دادیم موازی کنیم یا رزرو
۱) باهم باشند تلفات پائین می آید.
۲) افزایش scc (MVA)، البته دیژنکتورها باید جواب به هنگول به نفع استارت موتورها است.
۳) قابلیت اطمینان: احتمال قطع درصورت بروز خطا یا خروج آنها چگونه است. چون در حالت transient قابلیت اطمینان را پائین آورده ایم.
۴) Bread duty دیژنکتورها.

معمولاً بهتر است موازی کنیم. در مورد موازی نکرده اند. (فاکتور تجربه هم است)
★ در مورد کیلار مذاب را ریختند در کانال کابل ها. رله ها هماهنگ بنود و کابلها آتش سوزی راه انداختند.
★ در خوزستان به ترین نوسان برق را داریم. چون PM متخصصان خوزستان نمی روند.
(۲) رله ها ordinate نیستند.

در کارخانه چای سازی کوچک ۱۲۵ kVA:



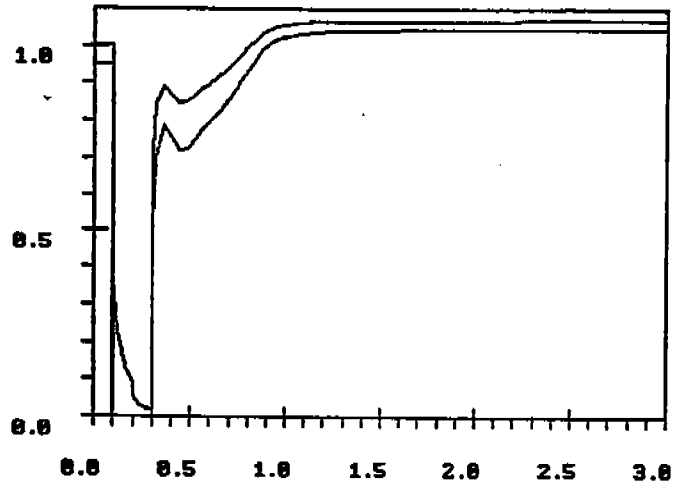
اگر خشک شده، تامل خشک هم می شود کرد. فن خودش را نجات می دهد ول بقیه را بیچاره می کنند.

در پتروشیمی ۴ پمپ که ۳ تا رزرو بودند خوابیدند. دمای هیدروکربن بالا شده و انفجار شد.

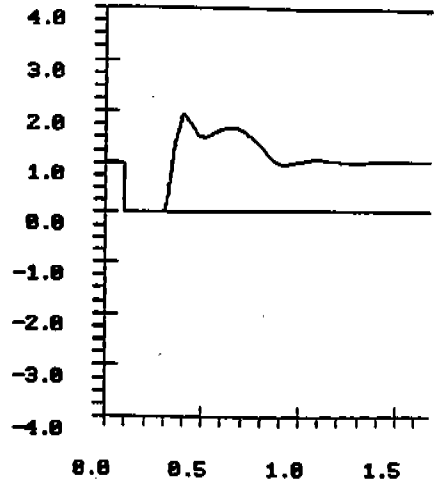
مجتمع سنگ آهن گل گهر: موتور ۶۵۵ MVA (ضروری) سنگ آهن را با مخلوط آب پودری کند. اگر موتور بخوابد و پاسد ۴ تا ۵ ماه طول می کشد تا خالی شود. پس راجع به موتور فکر کنیم بهتر است

LOAD DROPPING AND PHASED REACCELERATION

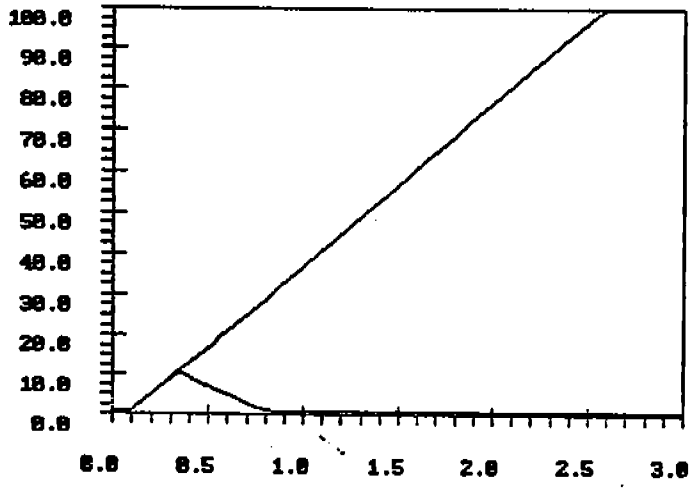
Graph 1: BUSBAR VOLTAGE



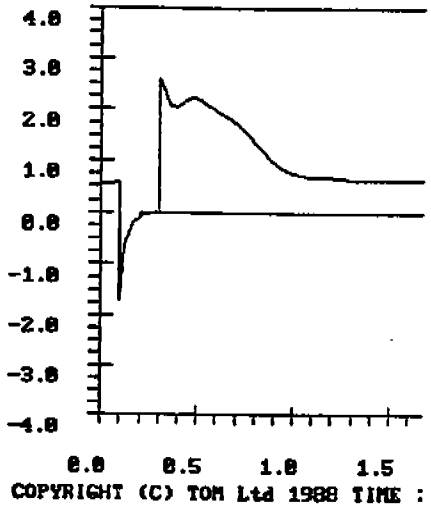
Graph 3: IM POWER (MW



Graph 2: IM SLIP



Graph 4: IM POWER (MVA



COPYRIGHT (C) TOM Ltd 1988 TIME :

۲ـ۲ـ۱۳ جزیره جزیره نمودن شبکه (Islanding)

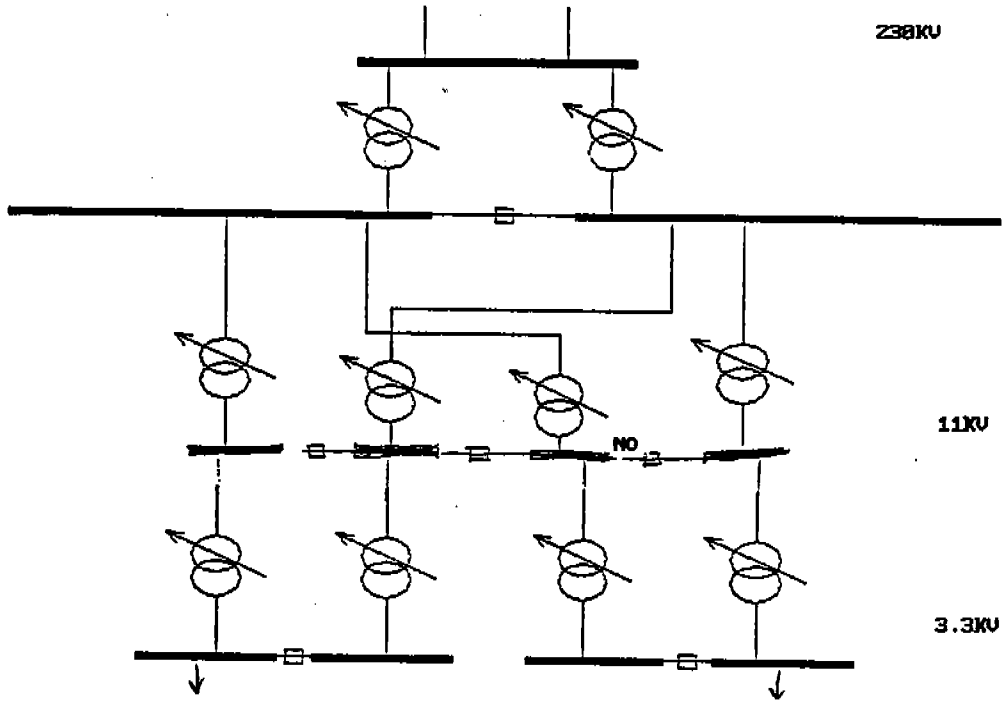
استفاده از ژنراتورهای محلی جهت تغذیهٔ موتورهای اضطراری یکی دیگر از راههای بهتر کردن جواب سیستم در شرائط اتصال کوتاه است. در این طرح موتورهای مهم، از باس بارهائی که در نزدیکی ژنراتورهای محلی قرار دارند تغذیه می‌گردند. وقتیکه اتصال کوتاهی اتفاق بیافتد بارهای مهم همراه با ژنراتور محلی خود از بقیهٔ شبکه جدا گشته و بتنهایی به کار خود ادامه می‌دهند. به این طرح جزیره جزیره نمودن شبکه گفته می‌شود. در یک مجتمع صنعتی جهت نجات موتورها در شرائط اتصالی تعداد زیادی جزیره ممکن است تشکیل گردد. البته این طرح باعث حل مسئلهٔ ناپایداری ژنراتور محلی نیز خواهد شد امّا با تشکیل جزایر که هر کدام دارای ژنراتورها و موتورهای متصل به یکدیگر می‌باشند ممکن است باعث بالا رفتن هزینهٔ کل شبکه گردد.

رفتار ماشینهای آسنکرون همانطوریکه گفته شد بسیار به ولتاژ ترمینالشان بستگی دارد و اگر ژنراتور متصل به این موتورها مجهز به AVR باشد پروسهٔ نجات خیلی آسانتر خواهد شد. امّا در شرائط جزیره جزیره شدن، ژنراتورها می‌باید نه تنها کنترل ولتاژ نمایند بلکه وظیفهٔ کنترل فرکانس جزیره نیز بعهده ژنراتورهای هر جزیره خواهد بود و مسائل دیگری نیز در هر جزیره می‌باید پیش‌بینی شود چرا که شبکه موجود در جزیره، دیگر به شبکهٔ اصلی که وظیفهٔ کنترل فرکانس را بعهده داشته است متصل نیست. باید در نظر داشت که ژنراتورهای هر جزیره توانائی تغذیه موتورها را در آن جزیره داشته باشند و یا اینکه بارها به رله‌های فرکانس (under frequency) مجهز باشند تا اینکه بطور اتوماتیک (در صورت اضافه بار) بارها در یک مدت زمان معین کاهش یابند. بعد از اینکه شرائط اتصالی از بین رفت در حالت کار عادی سیستم تمامی شبکه مجدداً به یکدیگر متصل می‌گردد.

از طرفی بنگاه متصل با جزیره کل توان شبکه کم می‌شود و این مشکلی برای شبکه است. البته در خود نیروگاه ها هم موتورهای ضروری بسیاری داریم. مخصوصاً نیروگاههای آبی.

در شبکه‌های درون نیروگاهی، جائی که تغذیه نیروگاه به شبکه از نظر مسئولین شبکهٔ سرتاسری مهم است امکان اینکه نیروگاه را از شبکه جدا سازیم وجود ندارد. در این نوع شبکه‌ها دو راه موجود است. یک راه اینست که هنگامیکه امکان بوجود آمدن خطا در شبکه زیاد است (روزهای رعد و برق و طوفانی)

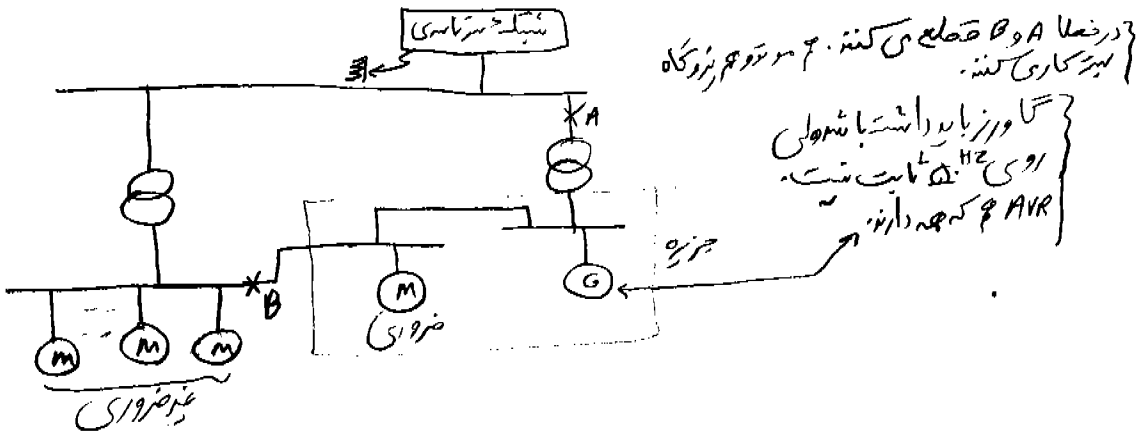
NETWORK DIAGRAM DRAWING UTILITY - H FOR HELP-X TO EXIT



3

A PARTLY MESHED SYSTEM

COPYRIGHT (C) TOM Ltd 1988 TIME :



موتورها به توسط ژنراتور اضطراری نیروگاه تغذیه گردند. راه دوم اینست که با استفاده از شبیه‌سازی، نیروگاه طوری طراحی شود که هر خطائی در شبکه اتفاق بیافتد موتورهای ضروری نجات یابند.

در حالت دوم، محاسبات در شرائطی که ژنراتور اصلی نیروگاه در ضریب بار 0.9 پیش فاز کار می‌نماید و اتصالی سه فاز در باس بار ولتاژ بالای نیروگاه‌اتفاق می‌افتد انجام می‌گردد. چرا که ضریب بار 0.9 پیش فاز پائین‌ترین سطح ولتاژ را حاصل نموده و نجات موتورها در بدترین شرائط خود می‌باشد. راه حل دیگر، استفاده از ژنراتورهای گازی در نیروگاه می‌باشد که توانائی تغذیه بارهای داخل نیروگاهی را دارد. با استفاده از این طرح هنگامیکه تغذیهٔ شبکهٔ اصلی قطع می‌گردد، ژنراتور گازی استارت می‌شود. از آنجائیکه هنگام استارت ژنراتور گازی، موتورها کاهش سرعت داده‌اند و همچنین کل بار باندازهٔ توان ژنراتور گازی می‌باشد، در هنگام برگشت موتورها، ژنراتور ممکن است کاهش سرعتی برابر 25% داشته باشد. بهرحال محاسبات اینچنین شرائطی بسیار جالب است.

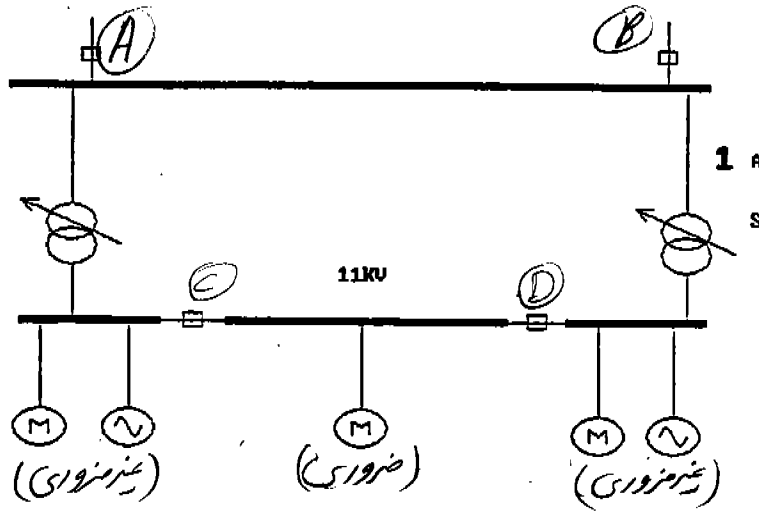
۵ـ۲ـ۱۳ جابجا نمودن موتورهای ضروری

(Autotransfer of Important drives)

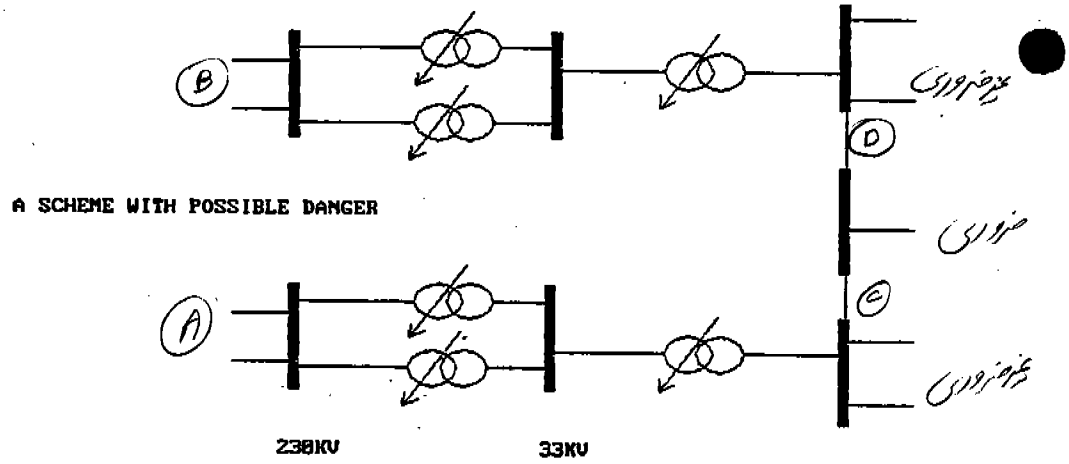
توپولوژی یا (lagout) شبکه نیز ممکن است در نجات موتورهای ضروری مؤثر باشد. اشکال زیر دو نوع از این سیستمها را نشان می‌دهد که در آنها موتورهای ضروری می‌توانند از دو طرف تغذیه گردند و جابجا نمودن محل تغذیهٔ موتورها (در هنگام اتصالی) باعث می‌گردد که موتورهای ضروری (آنهائی که از باس بار وسطی تغذیه می‌شوند) نجات یابند. این طرح در جاهائی که سیستم از دو محل تغذیهٔ ورودی دارد بسیار مؤثر است ولی اگر یک تغذیهٔ ورودی داشته باشیم فقط در اتصالیهای داخلی منفعت خود را نشان خواهد داد.

جابجا نمودن تغذیهٔ ورودی موتورهای ضروری ممکن است خطرناک نیز باشد. اگر این جابجائی هنگامیکه زاویهٔ فاز منبع داخلی موتور (در هنگامیکه از تغذیه اولیه جدا گشته و به تغذیه بعدی وصل

NETWORK DIAGRAM DRAWING UTILITY - H FOR HELP-X TO EXIT



1 A FEASIBLE AUTOTRANS SCHEME

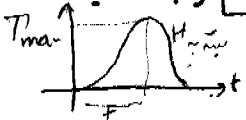


A SCHEME WITH POSSIBLE DANGER

COPYRIGHT (C) TOM Ltd 1988 TIME : 23:17:52

در شکل های بالا : در حالت اول © بسته و (D) باز است. اگر در شبکه (A) اتصالی گردد A و C باز و D بسته می شود.

می‌شود) با زاویهٔ فاز باس باری که می‌خواهد موتور به آن متصل گردد اختلاف زیادی داشته باشد، در این صورت جریان گذرائی باندازه دو برابر جریان استارت موتور به موتور وارد می‌گردد و کویل الکتریکی موتور بسیار بالا می‌رود. اشکال صفحهٔ بعد این شرایط را شبیه‌سازی نموده‌اند. البته تمامی این مراحل به زمان قطع و وصل بستگی دارد و افراد علاقه‌مند می‌توانند به مقاله VOL26 1990IA مراجعه نمایند.



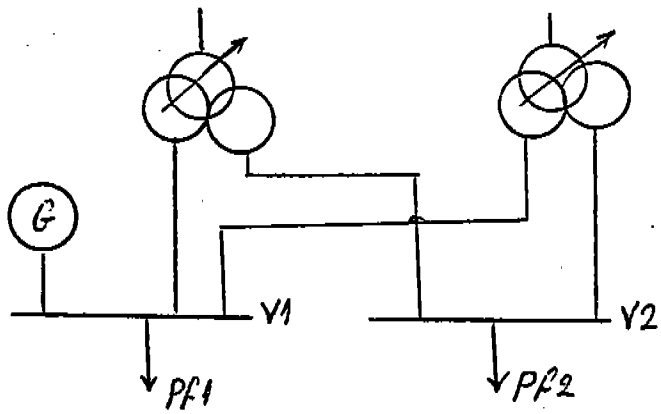
رله‌هائی نیز برای این عمل موجودند که ولتاژ دو سر دژنکتور را اندازه می‌گیرند و در صورتیکه این اختلاف ولتاژ زیاد نباشد (موقعیکه اختلاف زاویه کم است و یا دامنه ولتاژ منبع داخلی موتور کاهش یافته است) دژنکتور وصل میگردد. بعضی از کارخانجات سازنده نیز ادعا دارند که موتور ساخته شده توسط آنها می‌تواند حتی کاملاً خارج از فاز (اختلاف فاز 180° بمعنی استارت با دو برابر ولتاژ) بسته شوند ولی در عمل نتایج نشان می‌دهند که کویل بوجود آمده بسیار زیاد می‌باشد.

یک طرح شبیه این نیز ممکن است در مورد تمامی سیستم بکار گرفته شود و آن استفاده از منبع تغذیهٔ دوتائی می‌باشد. شکل زیر این طرح را نشان می‌دهد که در آن هر کدام از باس بارهای 3.3^{KV} می‌توانند توسط ترانس خودی از باس بار 11^{KV} و از باس بار 3.3^{KV} مجاور خود تغذیه گردند. در هر حال دژنکتور 3.3^{KV} ورودی به هر باس بار می‌باید با دژنکتور مابین باسها بصورت interlock عمل نماید تا مطمئن شویم که هر سه دژنکتور با یکدیگر بسته نخواهند شد. قدرت قطع دژنکتورها در شرائطی محاسبه می‌شوند که یکی از ترانسها وظیفهٔ تغذیه کل بارها را بعهده داشته باشد. در این شرائط بیشترین تأثیر موتورها در قدرت قطع و وصل دژنکتور در نظر گرفته شده است.

جهت بهینه سازی تعداد باس بارهای 3.3^{KV} و مقدار بار هر کدام از باس بارها محاسباتی را می‌باید انجام داد تا از قیمت بالای طرح جلوگیری گردد. همین طرح می‌تواند در قسمت 11^{KV} نیز پیاده گردد و قابلیت اطمینان سیستم را بسیار بالا ببرد. برای شبیه‌سازی می‌باید در محل‌های مختلف اتصال کوتاه قرار دهیم و به نظر می‌رسد که بدترین نقطه وجود اتصال در طرف 3.3^{KV} ترانسفورماتور $11/3.3^{KV}$ باشد. این

طرح بسیار ساده به نظر می‌رسد و در عمل از چنین طرح ساده‌ای کمتر استفاده می‌گردد. بهرحال چندین طرح مانند طرح بالا در نقاط مختلف جهان پیاده شده است. در صورت استفاده از ژنراتور محلی معمولاً ژنراتور در باس بارهای 11^{KV} قرار می‌گیرد و اگر ژنراتور دارای قدرت بالائی باشد جداسازی باس بارهای 11^{KV} ضروری خواهد بود.

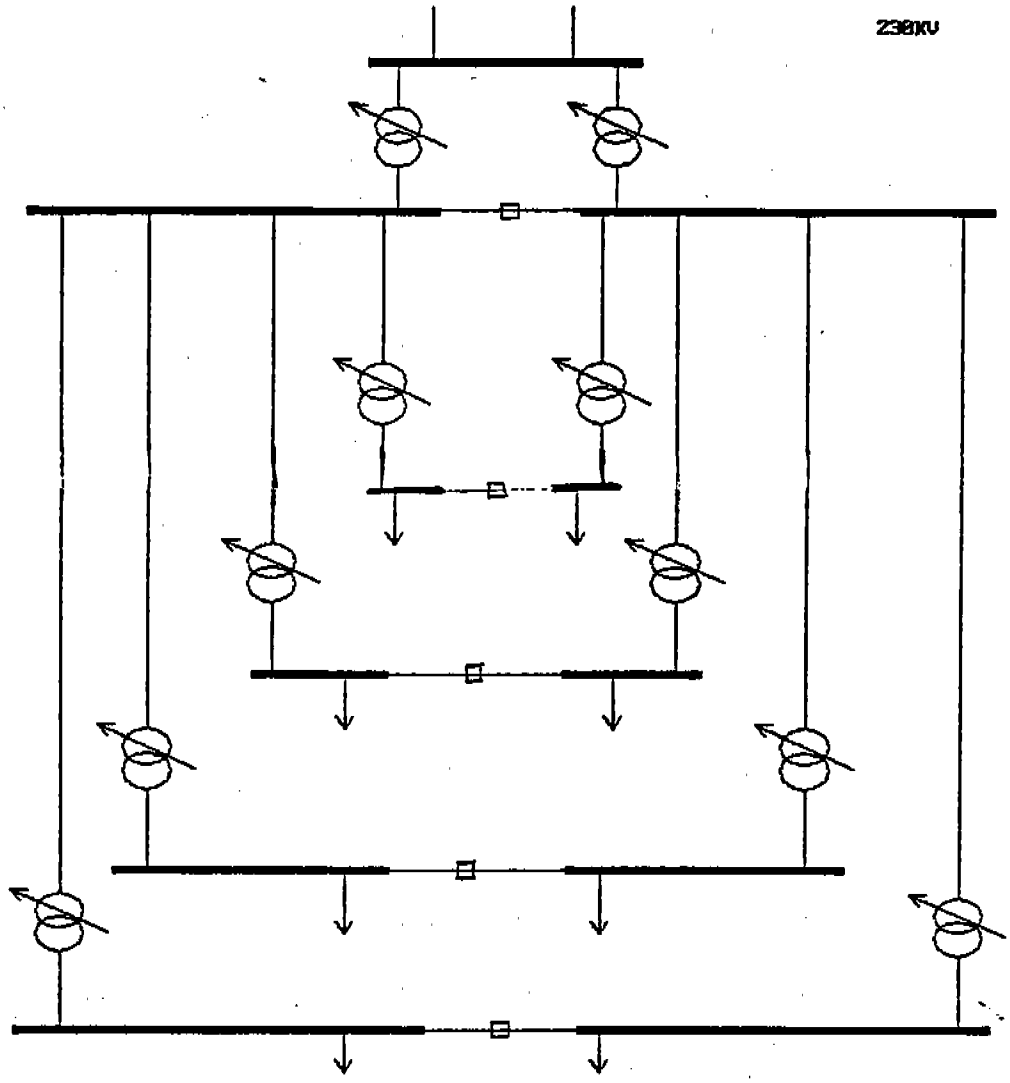
یک آلترناتیو دیگر استفاده از طرح شکل بعدی است. که در این طرح قسمت 3.3^{KV} نیز می‌تواند بصورت قسمت 11^{KV} تغذیه شود تا اینکه در صورت خرابی یک ترانس، باس بار قابل تغذیه از سوی دیگر باشد. آلترناتیوهای دیگری نیز موجودند که هر کدام می‌باید در هنگام طراحی سیستم بطور مجزا آنالیز گردند و نقاط ضعف و قدرت هر کدام مورد ارزیابی قرار گیرد. جهت کاهش قیمت طرح می‌توان بجای دو ترانس از ترانسهای سه سیم‌پیچه استفاده نمود. با اینکه در این حالت قیمت طرح کاهش می‌یابد امّا در صورت وجود ژنراتور محلی بر روی یکی از باس بارهای 11^{KV} تنظیم ولتاژ هر دو باس بار بسیار مشکل خواهد بود. زیرا تپ ترانسها در طرف اولیه می‌باشد و وقتیکه ولتاژ باس بار ژنراتوری بالا است ولتاژ باس بار دیگر پائین خواهد بود.



$Pf1 > Pf2 \Rightarrow V_1 > V_2$

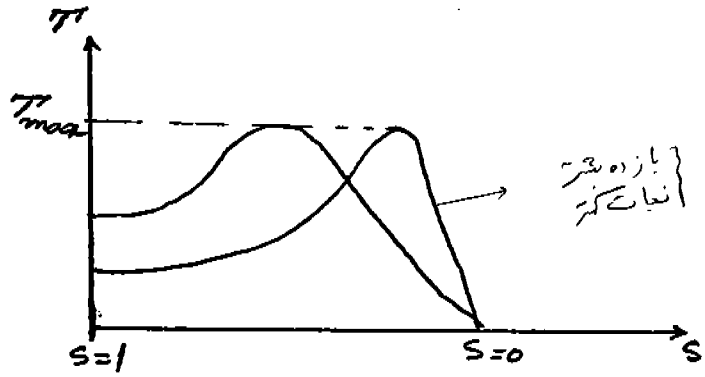
اختلاف ولتاژ مابین باس بارها مسئله نجات موتورها را نیز مشکل می‌نماید.

NETWORK DIAGRAM DRAWING UTILITY - H FOR HELP-X TO EXIT



۳ـ۱۲ اثر مقاومت روتور در موتورهای القائی

همانطوریکه در فصل قبلی مشاهده شد، راکتانس موتور نقش مهمی را در هنگام استارت ایفا می‌نماید ولی مقاومت روتور نیز اثر بسزائی بر روی رفتار موتور القائی دارد. ماکزیمم کویل در یک موتور القائی هنگامی (در سرعتی) ایجاد می‌گردد که مقدار راکتانس پراکندگی برابر ترم R_2/S گردد. اگر مقاومت روتور کاهش یابد در آنصورت بازده موتور افزایش می‌یابد، چرا که لغزشی که در آن کویل ماکزیمم اتفاق می‌افتد کمتر می‌گردد.

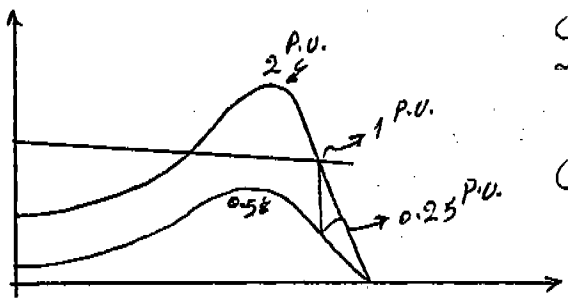


از طرف دیگر اگر مقاومت کاهش یابد همانطوریکه از شکل پیداست از قدرت نجات موتورها نیز کاسته می‌گردد یعنی مسئله (Recovery) مشکلتر می‌شود. بنابراین اگر موتوری با بازده خیلی بالا پیشنهاد شود می‌باید مسئلهٔ نجات آنرا نیز در مد نظر قرار دهیم. در هر حال در شرائطی که بازده بالای موتورها در مد نظر طراحان کارخانجات موتورسازی می‌باشد و باعث کاهش تلفات نیز میگردد چنین بحثی را دنبال نمودن کار بسیار مشکلی است. چرا که شرائط بسیار حساس است و دو شرط متضاد از دو جنبه طراحی در مد نظر می‌باشد.

۴ـ۱۲ مقایسهٔ موتورهای سنکرون و آسنکرون از نظر نجات

موتورهای سنکرون شبیه به ژنراتورهای سنکرون توانی برابر $P=\frac{V_1 E}{X}\sin\delta$ مصرف می‌نمایند. یعنی مقدار توان مصرفی متناسب با $P_{max}=\frac{V_1 E}{X}$ میباشد. در اینصورت اگر ولتاژ ترمینال موتور 50% کاهش یابد مقدار توان یا کویل تولیدی نیز می‌باید 50% کاهش یابد. امّا از آنجائیکه در شرائط گذرا راکتانس موتور تبدیل به راکتانس گذرا یعنی حدود 35% راکتانس سنکرون می‌شود مقدار کویل باندازه $\frac{0.5}{0.35}=1.4$ P.U.

می‌گردد که جهت نجات موتور کافی خواهد بود. امّا در مورد موتورهای آسنکرون کوپل با مجذور ولتاژ متناسب می‌باشد و اگر ولتاژ ترمینال موتور $0.5^{P.U.}$ گردد در اینصورت کوپل به مقدار $0.25^{P.U.}$ کاهش می‌یابد و در اینحالت اگر ماکزیمم کوپل موتور در حالت عادی $2^{P.U.}$ باشد ماکزیمم کوپل به $0.5^{P.U.}$ کاهش می‌یابد. بنابراین وقتیکه ولتاژ ترمینال موتور در شرائط گذرا نصف شود موتور سنکرون به کار خود ادامه می‌دهد امّا موتور آسنکرون در زیر بار می‌ماند.



شرائط هنگامیکه اتصالی سه فاز اتفاق بیافتد فرق دارد. در اتصال کوتاه سه فاز سرعت موتور آسنکرون کاهش می‌یابد ولی موتورهای سنکرون از پایداری خارج میگردند.

۱۴_۵ نوسان در موتورها و ژنراتورها (Motor & generator Hunting)

در ادامه بحث مربوط به انتخاب مابین موتور سنکرون و آسنکرون مسائل دیگری نیز مطرح می‌باشد که به مسئلهٔ نجات موتورها مربوط نمی‌شود. همانطوریکه در فصل هفتم بحث شد در ماشینهای سنکرون کوپل تابعی از سینوس زاویهٔ بار می‌باشد و همچنین معادلات زیر در مورد آن صادق می‌باشد:

$$\frac{dw}{dt} = \frac{\pi f}{H} P_{acc}$$

$$P_{acc} = P_{mech} - P_{elec} = P_{mech} - \frac{V_1 E}{X} \sin\delta$$

$$\frac{d\delta}{dt} = w - w_0$$

و یا

$$\frac{d^2\delta}{dt^2} = \frac{\pi f}{H}\left(P_{mech} - \frac{V_1 E}{X}\sin\delta\right)$$

معادلهٔ بالا یک معادلهٔ نوسانی است که فرکانس نوسانات آن از روی معادلهٔ مشخصهٔ آن بدست می‌آید که برابر است با:

$$W = \sqrt{\frac{\pi f V_1 \varepsilon}{H}}$$ در شرایط بی‌باری

در شرائط بی‌باری، و این فرکانس نوسان با زیاد شدن بار کاهش می‌یابد زیرا که $\frac{dT_{ind}}{d\delta}$ با افزایش δ کاهش می‌یابد. اگر این موتور یک بار مکانیکی را که برحسب زمان بصورت نوسانی عمل می‌نماید تغذیه نماید و فرکانس نوسانات بار برابر با این فرکانس باشد در اینصورت موتور شروع به نوسان نموده و جریانی که از شبکه کشیده می‌شود بصورت AM مدوله شده است که باعث خسارت به شبکه و همچنین ایجاد کویل واکنشی در موتور و خستگی روتور خواهد شد. امّا این نوع نوسان کمتر در شبکه‌های توزیع دیده می‌شود ولی مهندسین توزیع از امکان بوجود آمدن آن می‌باید آگاه باشند تا از بوجود آمدن آن جلوگیری نمایند. مسئله نوسانات گاهی اوقات در ژنراتورهای سنکرون نیز مشاهده می‌شود و اگر چنین شرائطی بوجود آید قابل میرا شدن نیست و کار زیادی در مورد آن نمی‌توان انجام داد. در بعضی از مجتمعهای ایران نیز این مسئله مشاهدهٔ شده است که در اینصورت اپراتورها از نصف توان نامی ژنراتور استفاده می‌نمایند.

در یک مجتمع صنعتی مشاهده شده است که یک ژنراتور قطب صاف نسبت به شبکه نوسان میکرد اگر و فقط اگر تنهائی در مجتمع کار نماید. وقتیکه سیستم از برق سرتاسری جدا می‌شد مسئله نوسان برطرف می‌شد و هنگامیکه ژنراتور دیگری بموازات این ژنراتور کار می‌کرد نوسانات از بین می‌رفت. چنین آزمایشی در عمل صورت گرفت و با بررسی نتایج مشخص شد که فرکانس طبیعی نوسانات گاورنر این ژنراتور با فرکانس طبیعی نوسانات ژنراتور وقتیکه به شبکه متصل میگردد برابر است و در این صورت مسئله نوسانات ایجاد میگردد. وقتیکه ژنراتور دیگری به مدار می‌آمد فرکانس طبیعی نوسانات ژنراتور و شبکه تغییر می‌کرد و نوسانات کاهش می‌یافت و چون ژنراتور دومی یک ژنراتور تبدیل شده از ماشین

آسنکرون بوده است که دمپینگ زیادی را داشت، باعث می‌شد نوسانات بکلی از بین برود. در نمونه ذکر شده مشکل با گذاشتن یک شیر در قسمت هیدرولیک گاورنر ژنراتور که باعث می‌شد شیرهای گاورنر بآهستگی باز شوند حل شد. البته سرعت بستن شیرها را تغییر ندادند. با این روش فرکانس طبیعی نوسانات گاورنر تغییر نمود. اگر با مسئله Hunting در مرحله طراحی مواجه شدیم دو کار می‌توان انجام داد.

۱ـ ممان اینرسی ماشین را با گذاشتن چرخ طیار (flywheel) افزایش داد.

۲ـ با افزایش اثر میرائی در مدار تحریک ماشین اثر میرائی (damping) را افزایش داد.