

فصل دوم : آشنایی با اصول حفاظت ژنراتور و شناسایی توابع

حفاظتی و نحوه عملکرد هر یک

۱-۲- اصول حفاظت ژنراتور ها و ترانسفورمر ها و تجهیزات نیروگاهی

در این گزارش صرفا قابلیت رله های شرکت زیمنس مورد بررسی قرار می گیرد لذا ابتدا به صورت مجمل و مختصر جداول شناسایی رله های SIPROTEC 4 و توابع حفاظتی هر یک را معرفی می کنیم .

معمولا رله های 7UM6X برای حفاظت ماشین و ژنراتور ها معمول می باشد و رله 7UT6X برای حفاظت ترانس قدرت ، ترانس واحد و حفاظت دیفرانسیل کلی (OVERAL) و رله های 7SJ6X به عنوان حفاظت اضافه جریان ، پشتیبان مورد استفاده قرار می گیرد و رله های 7VE6X برای سنکرون کردن مورد استفاده قرار گیرند ، لذا بر اساس مدارات تک خطی حفاظتی پروژه کازرون و یزد که در دوره آموزشی مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت ، توابع حفاظتی رله ها مورد اشاره قرار می گیرد .

Relay Families

Fig. 2/10 1/1 of 19"



Fig. 2/11 1/2 of 19"



Fig. 2/12 1/3 of 19"



Fig. 2/13
SIPROTEC 4
combined protection,
control and
monitoring relay 7SJ63
with detached operator
panel



شکل (۱-۲) - نمایش شکل ظاهری رله های خانواده SIPROTEC 4 برای حفاظت الکتریکی تجهیزات نیروگاه

۷UM62 رله ۱-۱-۲

توابع و کاربرد های حفاظتی رله مذکور مطابق جدول زیر می باشد :

Protection functions	Abbreviation	ANSI No.	Generator Basic	Generator Standard	Generator Full	Motor Asynchronous	Transformer
Current differential protection	ΔI	87G/87T/87M	X	X	X	X	X
Stator earth-fault protection non-directional, directional	$V_0 >, 3I_0 >$ $\angle (V_0, 3I_0)$	59N, 64G 67G	X	X	X	X	X
Sensitive earth-fault protection (also rotor earth-fault protection)	$I_{EE} >$	50/51GN (64R)	X	X	X	X	X
Stator overload protection	$I^2 t$	49	X	X	X	X	X
Definite-time overcurrent protection with undervoltage seal-in	$I > + V <$	51	X	X	X	X	X
Definite-time overcurrent protection, directional	$I >>, \text{Direc.}$	50/51/67	X	X	X	X	X
Inverse-time overcurrent protection	$t = f(I) + V <$	51V	X	X	X	X	X
Overvoltage protection	$V >$	59	X	X	X	X	X
Undervoltage protection	$V <, t = f(V)$	27	X	X	X	X	X
Frequency protection	$f <, f >$	81	X	X	X	X	X
Reverse-power protection	$-P$	32R	X	X	X	X	X
Overexcitation protection (Volt/Hertz)	V/f	24	X	X	X	X	X
Fuse failure monitor	$V_2/V_1, I_2/I_1$	60FL	X	X	X	X	X
External trip coupling	Incoup.		4	4	4	4	4
Trip circuit supervision	T.C.S.	74TC	X	X	X	X	X
Forward-power protection	$P >, P <$	32F	X	X	X	X	X
Underexcitation protection (loss-of-field protection)	$1/x_d$	40	X	X	X		
Negative-sequence protection	$I_2 >, t = f(I_2)$	46	X	X	X	X	
Breaker failure protection	$I_{min} >$	50BF	X	X	X	X	X

Motor starting time supervision	$I_{start}^2 t$	48	X	X	X	X
Restart inhibit for motors	$I^2 t$	66, 49 Rotor				X
Rotor earth-fault protection (f_n , R-measuring)	$R <$	64R (f_n)	X	X	X	
Inadvertent energization protection	$I >, V <$	50/27		X	X	
100 % stator earth-fault protection with 3 rd harmonics	$V_{0(3rd\ harm.)}$	59TN, 27TN 3 rd h		X	X	
Impedance protection with ($I > + V <$) pickup	$Z <$	21		X	X	
DC voltage / DC current time protection	$V_{dc} >$ $I_{dc} >$	59N (DC) 51N (DC)			X	
Overcurrent protection during startup (for gas turbines) ²⁾	$I >$	51			X	
Earth-current differential protection ²⁾	ΔI_e	87GN/TN			X	
Out-of-step protection	$\Delta Z / \Delta t$	78			X	
Rotor earth-fault protection (1 to 3 Hz square wave voltage) ²⁾	$R_{REF} <$	64R (1 – 3 Hz)	X ¹⁾	X ¹⁾	X ¹⁾	
100 % stator earth-fault protection with 20 Hz voltage ²⁾	$R_{SEF} <$	64G (100 %)	X ¹⁾	X ¹⁾	X ¹⁾	
Rate-of-frequency-change protection ²⁾	$df/dt >$	81R	X ¹⁾	X ¹⁾	X ¹⁾	
Vector jump supervision (voltage) ²⁾	$\Delta \varphi >$		X ¹⁾	X ¹⁾	X ¹⁾	
Supervision of phase rotation	A, B, C	47	X	X	X	X
Undercurrent via CFC	$I <$	37	X	X	X	X
External temperature monitoring via serial interface ²⁾	ϑ (Thermo-box)	38	X	X	X	X

Table 11/3 Scope of functions of the 7UM62

1) Optional for all function groups.

2) Available as of version V4.1 and higher.

البته رله در سه رده STANDARD VERSION, FULL VERSION ,

SENSITIVE ROTOR , ADDITIONAL VERSION توابع حفاظتی

و STATOR EARTH FAULT 20Hz و EARTH FAULT, 1-3Hz

VECTOR JUMP SUPERVISION علاوه بر توابع دیگر موجود است.

۷UT6X رله ۲-۱-۲

این رله برای حفاظت ترانسفورمر های قدرت مورد استفاده قرار می گیرد و توابع و کاربردهای حفاظتی

آن مطابق جدول زیر عبارتند از :

Protection functions	ANSI No.	Three-phase transformer	Single-phase transformer	Auto-transformer	Generator/Motor	Busbar, 3-phase	Busbar, 1-phase
Differential protection	87T/G/M/L	X	X	X	X	X	X
Earth-fault differential protection	87 N	X	X	–	X	–	–
Overcurrent-time protection, phases	50/51	X	X	X	X	X	–
Overcurrent-time protection $3I_0$	50/51N	X	–	X	X	X	–
Overcurrent-time protection, earth	50/51G	X	X	X	X	X	X
Overcurrent-time protection, single-phase		X	X	X	X	X	X
Negative-sequence protection	46	X	–	X	X	X	–
Overload protection IEC 60255-8	49	X	X	X	X	X	–
Overload protection IEC 60354	49	X	X	X	X	X	–
Overexcitation protection *) V/Hz	24	X	X	X	X	X	X
Breaker failure protection	50 BF	X	X	X	X	X	–
External temperature monitoring (thermo-box)	38	X	X	X	X	X	X
Lockout	86	X	X	X	X	X	X
Measured-value supervision		X	X	X	X	X	X
Trip circuit supervision	74 TC	X	X	X	X	X	X
Direct coupling 1		X	X	X	X	X	X
Direct coupling 2		X	X	X	X	X	X
Operational measured values		X	X	X	X	X	X

X Function applicable

– Function not applicable in this application

*) Only 7UT613/63x

این خانواده از رله ها برای حفاظت دیفرانسیل از ۲ تا بیش از ۵ سیم پیچ ترانسفورمر، حفاظت دیفرانسیل

موتورها و ژنراتورها ، حفاظت دیفرانسیل ۲ تا ۵ خط کوتاه و حفاظت دیفرانسیل باسباری که ۱۲ فیدر به آن

متصل باشد و حفاظت دیفرانسیل کلی (OVERALL) می تواند بکار رود.

۲-۱-۳- رله 7SJ6X

این رله معمولاً در نیروگاهها به عنوان حفاظت اضافه جریان پشتیبان استفاده می شود.

ANSI No.	IEC	Protection functions
50, 50N	$I>, I>>, I_E>, I_E>>$	Definite time-overcurrent protection (phase/neutral)
51, 51N	I_P, I_{EP}	Inverse time-overcurrent protection (phase/neutral)
67, 67N	$I_{dir}>, I_{dir}>>, I_{P\ dir}$ $I_{E\ dir}>, I_{E\ dir}>>, I_{EP\ dir}$	Directional time-overcurrent protection (definite/inverse, phase/neutral), Directional comparison protection
67Ns/50Ns	$I_{EE}>, I_{EE}>>, I_{EP}$	Directional/non-directional sensitive earth-fault detection
–		Cold load pick-up (dynamic setting change)
59N/64	$V_E, V_0>$	Displacement voltage, zero-sequence voltage
–	$I_{IE}>$	Intermittent earth fault
87N		High-impedance restricted earth-fault protection
50BF		Breaker failure protection
79		Auto-reclosure
46	$I_2>$	Phase-balance current protection (negative-sequence protection)
47	$V_2>$, phase-sequence	Unbalance-voltage protection and/or phase-sequence monitoring
49	$\theta>$	Thermal overload protection
48		Starting time supervision
14		Locked rotor protection
66/86		Restart inhibit
37	$I<$	Undercurrent monitoring
38		Temperature monitoring via external device (RTD-box), e.g. bearing temperature monitoring
27, 59	$V<, V>$	Undervoltage/overvoltage protection
81O/U	$f>, f<$	Overfrequency/underfrequency protection
21FL		Fault locator

رله های 7VE6X که برای سنکرونیزاسیون مورد استفاده قرار می گیرد و عملکردهای اصلی آن در

بخش سنکرونیزاسیون این گزارش شرح داده شده است

۲-۲- آشنایی با برخی از توابع حفاظتی رله ها

حال با توجه به آشنایی با توابع حفاظتی رله های SIPROTEC4 می توان بر اساس مشخصات

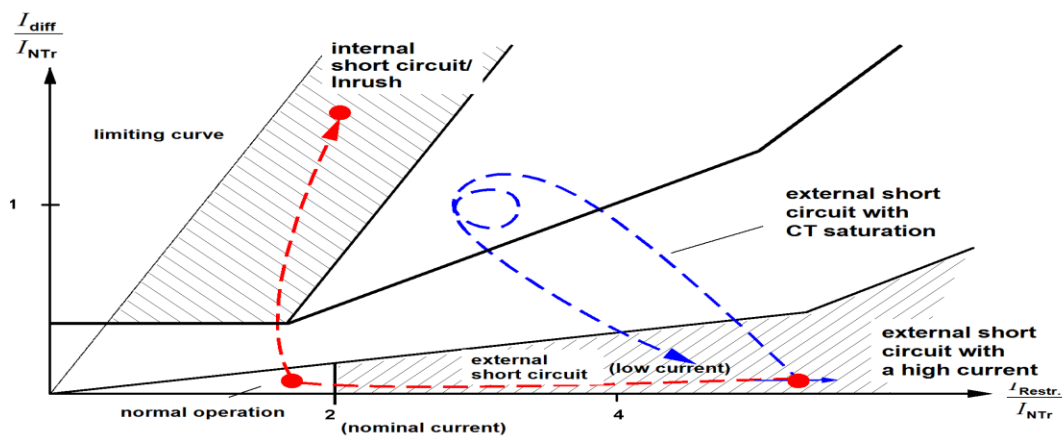
فنی مورد نظر کارفرما و استانداردها و آرایش های معمول و مورد تأیید برای حفاظت نیروگاهها نقشه تک

خطی حفاظتی مناسب را ترسیم نمود البته آشنایی با نحوه عملکرد هر یک از توابع حفاظتی و شناخت کامل

توابع حفاظتی در استخراج مدار تک خطی حفاظتی از اسناد قرار دادی ضروری است ، لذا در این بخش به شرح تعدادی از توابع حفاظتی که در دوره آموزشی مطرح شد می پردازیم :

۲-۱- حفاظت دیفرانسیل

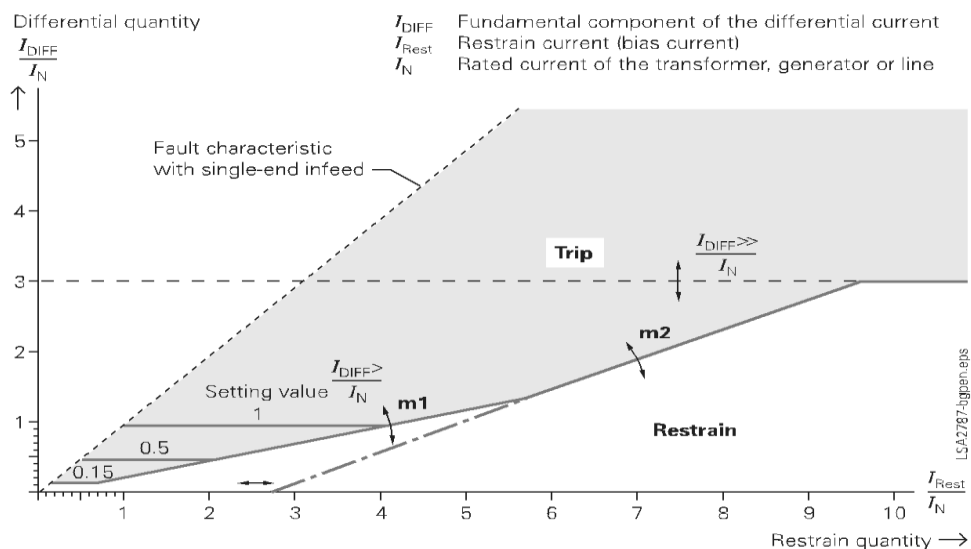
حفاظت دیفرانسیل در رله 7UM6 یک تابع حفاظتی بدون تاخیر است و عملکرد آن بر اساس حفاظت دیفرانسیل جریان و از نوع امپدانس پایین می باشد و دارای پایدار کننده جریان یا مشخصه RESTRRAIN می باشد تا به ازای تغییرات غیر پرودیگ و هارمونیک رله دچار عملکرد اشتباه نشود و به دلیل حساسیت زیاد این رله به جریانهای تفاضلی بسیار کوچک، از مشخصه RESTRRAIN قابل تنظیم به این منظور استفاده می شود و با استفاده از نرم افزار بهترین تنظیمات برای جابجایی زاویه و جریان ترانسفورمر و ملاحظات گروه برداری انجام می شود و از طرفی این رله شرایط راه اندازی (هارمونیک دوم) و شرایط فوق تحریک (هارمونیک پنجم) را تشخیص می دهد و از عملکرد نا خواسته رله در این شرایط گذرا جلوگیری می نماید ، این رله دیفرانسیل از طریق عملکرد همزمان دو سیستم اندازه گیری با دو مشخصه و شیب مختلف عمل می نماید همانطور که در شکل (۲-۲) نمایش داده شده است یک مشخصه در هنگام اتصال کوتاه خا رچی است که با تشخیص اشباع هسته و بر اساس تاخیر زمانی رله و مونیتور کردن وضعیت ترانس های جریان ، عمل می کند شیب بیشتر مشخصه RESTRRAIN از عملکرد ناخواسته رله در حالتی که جریان ترانسهای جریان دو طرف ژنراتور بدلیل اتصال کوتاه خارج از ناحیه حفاظتی رله متفاوت است (و از اشباع ترانسها ناشی شده است) جلوگیری می نماید.



شکل (۲-۲) - مشخصه RESTRRAIN حفاظت دیفرانسیل جریانی

حفاظت دیفرانسل در رله 7UT6 علاوه بر شباهتهایی که با رله فوق دارد همانطور که مشخصه عملکرد

آن در شکل (۳-۲) نمایش داده شده است دارای نقاط تمایزی نیز می باشد:



Tripping characteristic with preset transformer parameters for three-phase faults

شکل (۳-۲) - مشخصه عملکرد تابع حفاظت دیفرانسیل در رله 7UT6

علاوه بر حفاظت سریع و بدون تاخیر اضافه جریان و خصوصیات رله 7UM6 دارای ویژگیهای زیر نیز می

باشد:

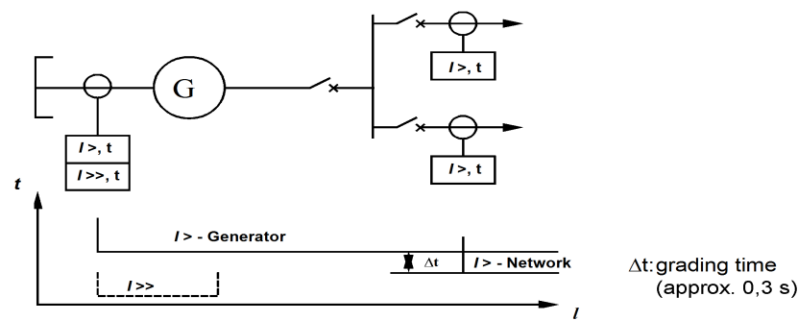
- دارای دو مشخصه عملکردی دیفرانسیل جریانی I_{Diff} و $I_{Diff} \gg$ می باشد.
- امکان تعریف و تنظیم گروه برداری و نسبت تبدیل وجود دارد (TAP CHANGER)
- پایداری عملکرد رله در جریانهای هجومی.
- پایداری عملکرد در هنگام بروز فوق تحریک که با اندازگیری هارمونیک سوم و پنجم امکانپذیر است
- حفاظت دیفرانسیل می تواند از طریق ورودی باینری رله قفل^۱ شود.

۲-۲-۲ - حفاظت اضافه جریان

در شکل (۴-۲) محل قرار گرفتن رله های اضافه جریان نمایش داده شده است و محدوده حفاظتی هر یک

شرح داده شده است:

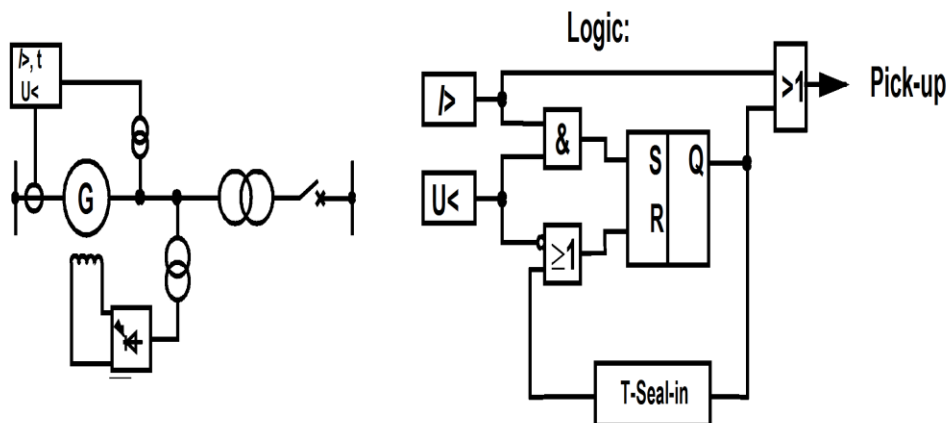
¹ LOCK



شکل (۲-۴) - نمایش محل رله های اضافه جریان و ناحیه حفاظتی هر کدام

حفاظت اضافه جریان که از ترانس جریان طرف نقطه ستاره تغذیه می شود برای حفاظت ژنراتور در مقابل فالت‌های داخلی می باشد و همچنین در حالت بی باری نیز در برابر اضافه جریانه‌ها ، ژنراتور را حفاظت می نمایدو میزان جریان عملکرد رله از ۱.۲ تا ۱.۴ برابر جریان نامی ژنراتور تنظیم می شود.و از نظر زمان عملکرد باید با سایر حفاظتهای شبکه هماهنگ و تنظیم شود ، حفاظت $I >>$ با عملکرد سریع و آنی برای حفاظت ژنراتور در مقابل خطاهای^۲ نزدیک ژنراتور و خطاهای داخلی ژنراتور در نظر گرفته می شود و زمان عملکرد کمتر از ۰.۱ ثانیه دارد و برای حفاظت ترانس واحد معمولاً جریان عملکرد رله اضاف ه جریان $I_{PICKUP} > 1.5 I''_{SC(3.G)M}$, $t \approx 0.1s$ در نظر گرفته می شود.

در نیروگاهها برای حفاظت اضافه جریان ژنراتور معمولاً از توابع حفاظت اضافه جریانی که دامنه ولتاژ را نیز به صورت تاخیری اندازگیری می کند استفاده می شود (Voltage Seal-in نامیده می شوند) در شکل (۲-۵) نحوه اتصال رله ها و منطق عملکرد آن به صورت شماتیک نمایش داده شده است :

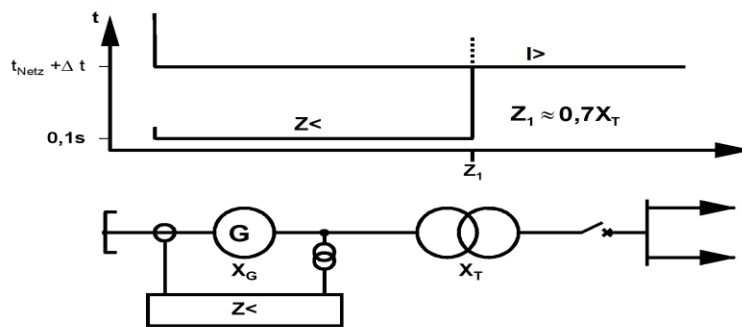


شکل (۲-۵) - نمایش نحوه اتصال رله ها اضافه جریان Voltage seal in و منطق عملکرد

بدلیل کاهش ولتاژ در اثر بروز خطا جریان اتصال کوتاه می تواند به مقادیری کمتر از جریان نامی کاهش پیدا کند لذا در این حالت تنها راه تشخیص خطا، اندازه گیری همزمان ولتاژ است و در صورت تشخیص افت ولتاژ عملکرد تاخیری رله صورت می پذیرد و معمولاً ولتاژ عملکرد بین ۰.۷۵ تا ۰.۸ ولتاژ نامی و TSeal-in تا ۴-۰ ثانیه تنظیم می شود.

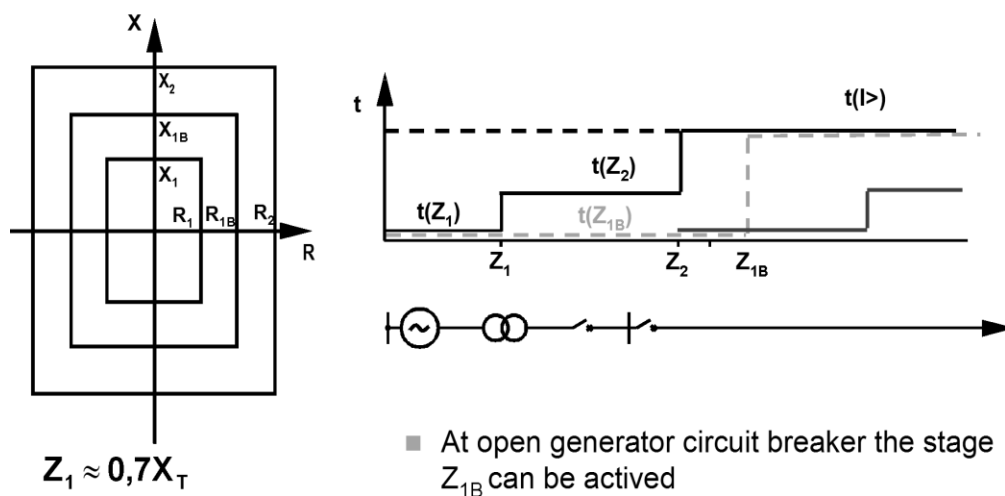
۳-۲-۲- حفاظت امپدانسی

این حفاظت به عنوان یک حفاظت پشتیبان برای حفاظت اضافه جریان می باشد و تنظیمات آن بر اساس امپدانس ترانس واحد انجام می گیرد و ناحیه ۱ حفاظتی آن سیم پیچ های استاتور و سیم پیچ اولیه ترانسفورمر می باشد ، شکل (۶-۲) بصورت شماتیک این تابع حفاظتی را نمایش می دهد :



شکل (۶-۲) - نمایش شماتیک حفاظت امپدانسی ژنراتور

در شکل (۷-۲) سایر ناحیه های حفاظتی رله امپدانسی نمایش داده شده است ، شایان ذکر است در حالت بی باری باید تنظیم ناحیه حفاظتی برابر با امپدانسی باشد که تا باسبار از طرف ژنراتور دیده می شود.

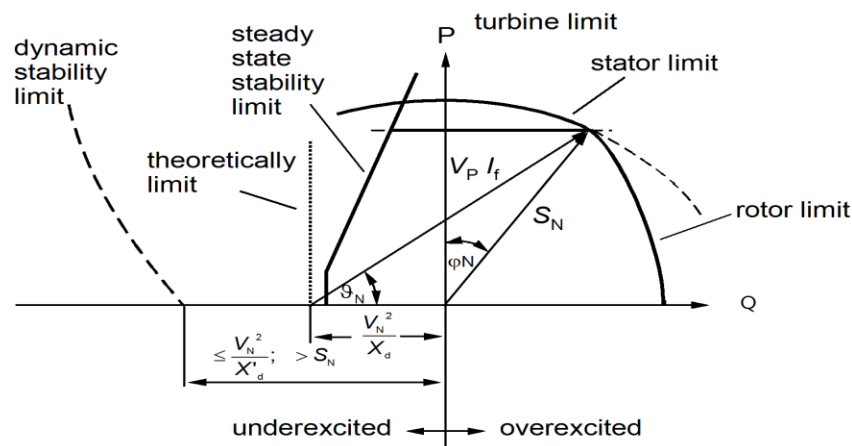


شکل (۷-۲) - نمایش شماتیک ناحیه های حفاظتی رله امپدانسی ژنراتور

۲-۲-۴- حفاظت زیر تحریک

این رله به منظور تشخیص بروز هر گونه اتصال کوتاه، وقفه و قطعی در سیستم تحریک و عملکرد نا صحیح تنظیم کننده ولتاژ و یا اتصال بارهای خازنی به ژنراتور بکار می رود و وظیفه عملکرد مناسب جهت پیشگیری از آسیب دیدن ژنراتور، را به عهده دارد.

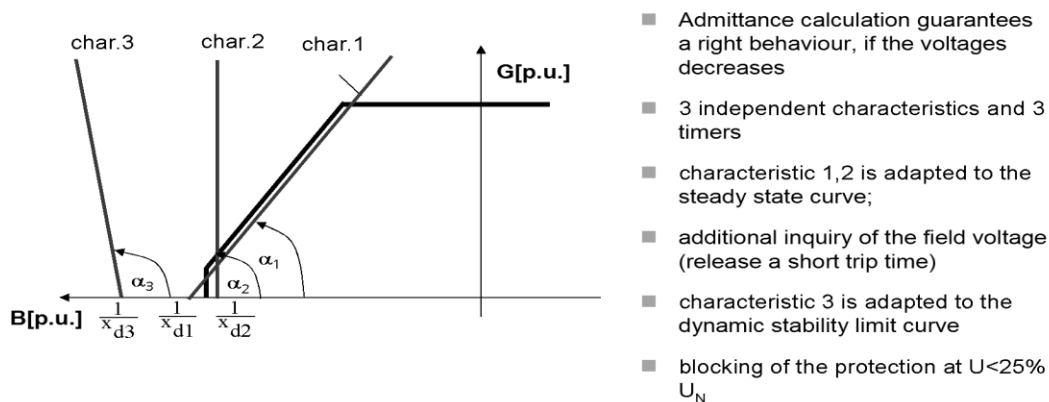
نحوه تنظیمات و کیفیت عملکرد این تابع حفاظتی متأثر از ساختار ژنراتور، طراحی سیستم تحریک، مشخصات شبکه، دامنه توان راکتیو تحویلی و نحوه کنترل توان و ولتاژ بستگی دارد و عدم پیشگیری از بروز پدیده زیر تحریک می تواند شتابگیری روتور، ایجاد نقاط گرم در استاتور و روتور، ایجاد اضافه ولتاژها در روتور، اعمال شوکهای مکانیکی بر روی استراکچرهای نگهدارنده و ایجاد نوسانات بر روی شبکه قدرت را موجب شود. بر ای تعیین و طراحی حفاظت زیر تحریک شناسایی محدودیت های مکانیکی، دینامیکی، گرمایی، عملکردی و تولید ژنراتور و شناسایی وضعیت شبکه قدرت حایز اهمیت است لذا از منحنی های ظرفیت ژنراتور ها مشابه شکل (۲-۸) در طراحی استفاده می شود.



شکل (۲-۸) - نمایش منحنی ظرفیت ژنراتور و محدودیتها

با تغییر پارامترهای شبکه و ژنراتور موقعیت منحنی فوق تغییر می نماید به عنوان مثال با افت ولتاژ ترمینال ژنراتور، منحنی ظرفیت ژنراتور در راستای محور افقی به سمت راست تغییر مکان می دهد. برای طراحی و محاسبه حفاظت زیر تحریک می توان منحنی های ظرفیت و محدودیت ژنراتور را از صفحه P-Q به صفحه مختصات

ادمیتانس منتقل کرد و با مشخصه رله زیر تحریک قطع داد و تنظیمات مناسب را بدست آورد در شکل (۹-۲) مشخصه ظرفیت و محدودیت ژنراتور و مشخصه ادمیتانسی رله نمایش داده شده است.



Settings: Can directly be read out from the generator diagram

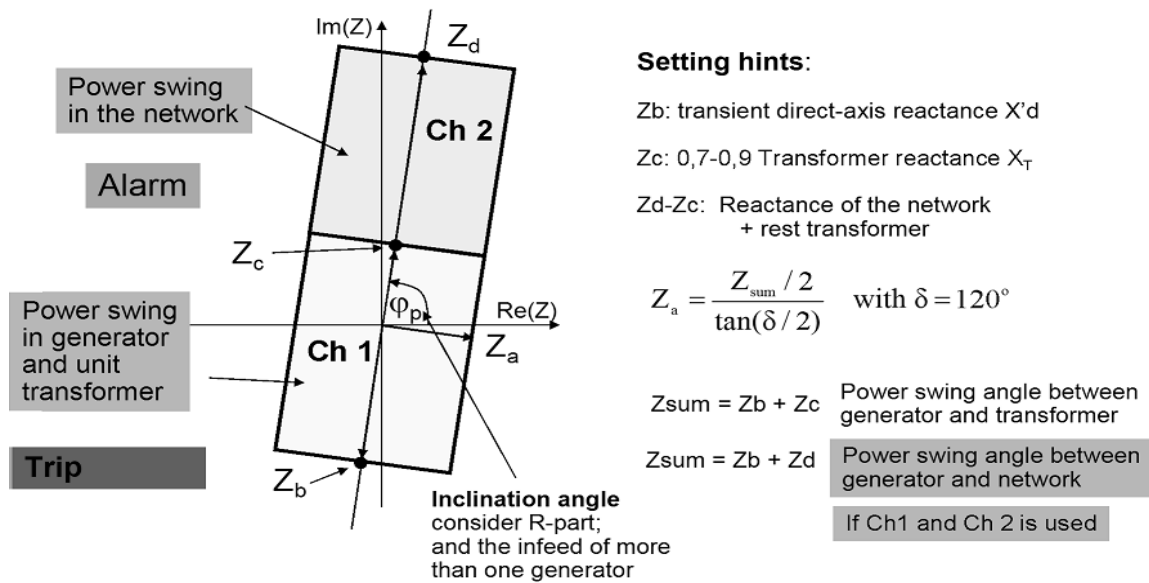
$$\frac{1}{x_{d1}} \approx \left| \frac{1}{x_d} \right| \quad \alpha_1 = 80^\circ \quad \frac{1}{x_{d2}} \approx 0.9 \cdot \frac{1}{x_{d1}} \quad \alpha_2 = 90^\circ \quad \frac{1}{x_{d3}} > 1 \text{ or } \approx \frac{2}{x_d} \quad \alpha_3 = 100^\circ \text{ or } 110^\circ$$

شکل (۹-۲) - نمایش مشخصه ظرفیت و محدودیت ژنراتور و مشخصه ادمیتانسی رله زیر تحریک

خط راست به موازات محور B محدودیت های استاتور را نمایش می دهد، اگر در شکل فوق فقط محدودیتهای روتور کاملاً نقض شده باشد تریپ و آلارم ارسال نمی شود اگر فقط محدودیت های استاتور در اثر زیر تحریک بودن نقض شده باشد فقط آلارم ارسال می شود و اگر بیش از ۱۰ ثانیه ادامه پیدا کند تریپ ارسال می شود (مشخصه ۱ و ۲ در شکل (۹-۲) و اگر محدودیت های روتور و استاتور به واسطه مشخصه ۱ و ۲ در شکل (۹-۲) نقض شوند آلارم و تریپ سریع بین ۰.۵ تا ۱ ثانیه ارسال می شود اگر محدودیت های استاتور به واسطه مشخصه ۳ نقض شود در کمتر از ۰.۳ ثانیه تریپ می دهد.

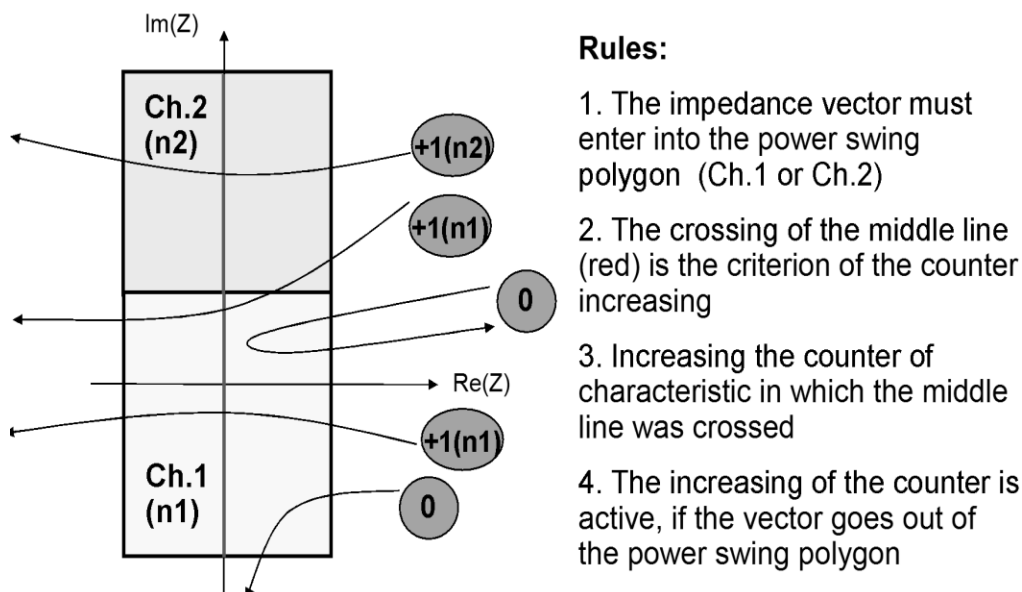
۵-۲-۲ - حفاظت Out of step

زمانی که اتصال کوتاه در قسمتی از شبکه رخ دهد و زمان اتصال کوتاه طولانی شود این امر ممکن است موجب پدید آمدن نوسانات فرکانس پایین بین ژنراتور و شبکه شود که اصطلاحات نوسانات توان نامیده می شود (Power Swing). در صورتی که این نوسانات به ژنراتور و ترانس واحد منتقل شود می تواند منجر به ناپایداری ژنراتور و شتابگیری روتور ژنراتور شود. در این تابع حفاظتی مولفه های فازوری جریان و ولتاژ و امپدانس و مولفه های مثبت و منفی و صفر اندازگیری می شوند و بر اساس مشخصه امپدانسی رله که در شکل (۱۰-۲) نمایش داده شده است آلارم و یا تریپ لازم ارسال می شود.



شکل (۲-۱) - مشخصه امپدانسی تابع out of step

این حفاظت دو مرحله ای است و در مرحله اول آلارم می دهد و در مرحله دوم تریپ می دهد و یک شمارنده تعداد دفعاتی را که نوسانات توان مشخصه امپدانسی را قطع می کند می شمارد و بر حسب تعداد نقاط قطع فرمان تریپ را صادر می کند در شکل (۲-۱۱) نحوه قطع مشخصه امپدانسی توسط نوسانات توان و شرط شمارش آن در صورت قطع دو ضلع موازی منحنی مشخصه امپدانسی رله ، نمایش داده شده است



شکل (۲-۱۱) - نمایش قطع مشخصه امپدانسی توسط نوسانات توان

20Hz-Generator

Band pass

Earthing transformer

$\frac{U_N}{\sqrt{3}} / \frac{500}{3} \text{ V}$

500V
200V

Load resistor R

CT (400A / 5A)

Protection 7UM62

Auxiliary voltage (DC or AC)

GS 3~

Neutral transformer

Load resistor must be $> 0,5 \Omega$

[illegible]

شکل (۲-۱۳) - نمایش اتصالات حفاظت 100% stator earth fault با تزریق جریان از مرکز ستاره

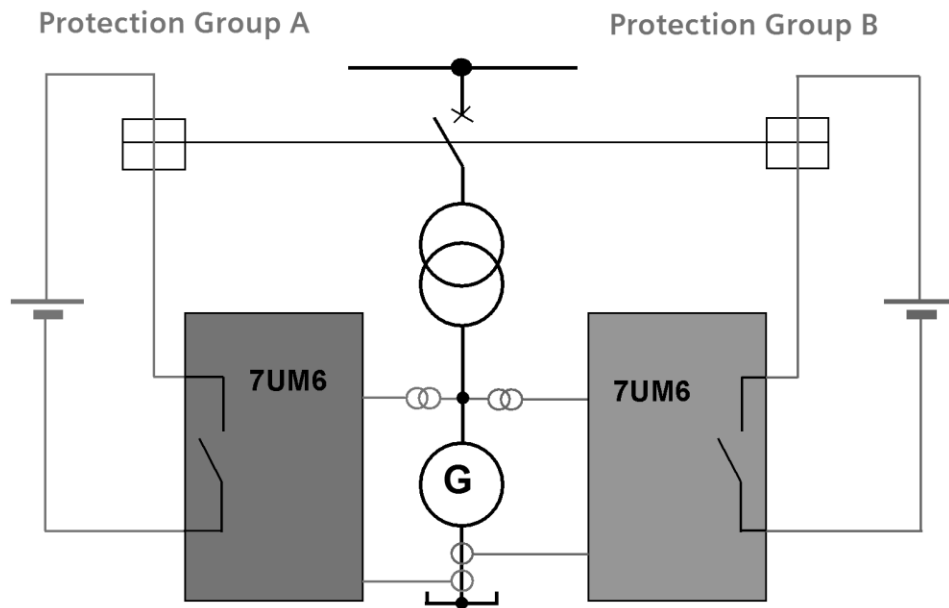
۲-۳- رسم نقشه تک خطی حفاظتی بر اساس استاندارد ها و مفاد قرار دادی

رله های عددی خانواده SIPROTEC4 دارای تنوع زیادی در توابع حفاظتی می باشد و بررسی کل قابلیت ها و توانایی های این رله ها و توابع حفاظتی از حوصله دوره آموزشی خارج بود بدلیل اینکه در دوره های آتی این مباحث به صورت کاملتر مطرح خواهد شد صرفا به مطالب طرح شده در خصوص توابع حفاظتی در دوره مذکور اکتفا می شود.

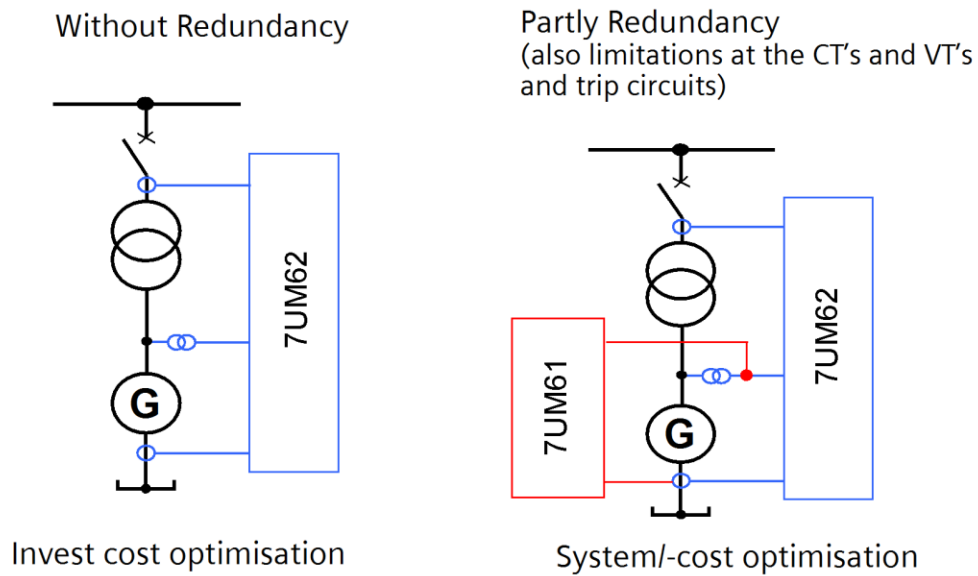
مطابق استانداردها هر ژنراتور بر حسب توان نامی خروجی و مشخصات نامی به حداقل توابع حفاظتی جهت ارتقاء قابلیت اطمینان شبکه نیاز دارد لذا در جدول زیر یک طبقه بندی ساده بر حسب توان نامی ژنراتور ها توسط شرکت زیمنس صورت گرفته است

Protection	ANSI	Generator – Rated Power (MVA)			
		< 5	5 - 50	50 - 200	> 200
Stator earth fault 90 %	64, 59N, 67N	X	X	X	X
Stator earth fault 100 %	64(100%)			X	X
Differential	87G, 87T	o	X	X	X
Overcurrent time	50, 51V	X	X	o	o
Impedance	21			X	X
Interturn fault				X	
Rotor earth fault	64R	o	X	X	X
Unbalanced load	46		X	X	X
Underexcitation	40	o	X	X	X
Out of step	78				X
Stator overload	49	X	X	X	X
Rotor overload	49R				X
Overvoltage	59	X	X	X	X
Frequency $f >$	81	X	X	X	X
Frequency $f <$	81		X	X	X
Reverse power	32	X	X	X	X
Undervoltage	27	Y	Y	Y	Y
Overexcitation (U/f)	24		o	X	X

نکته مهم در تدوین نقشه های حفاظتی ، ارتقاء میزان امنیت و قابلیت اطمینان سیستم حفاظت است معمولا با توجه به حساسیت ، بزرگی و اندازه نیروگاه و میزان تولید و در نظر گرفتن محدودیت های سرمایه گذاری در احداث نیروگاهها روش های مختلفی برای افزایش قابلیت اطمینان شبکه در پیش گرفته می شود. در شکل (۲-۱۴) انواع سیستم ها با سطح امنیت بالا و متوسط نمایش داده شده است.



شکل (۲-۱۴ الف) - طرح با قابلیت اطمینان و امنیت بالا



شکل (۲-۱۴ الف) - طرح با قابلیت اطمینان و امنیت پایین و متوسط

البته در سیستم ها با قابلیت بالا برخی از توابع نمی توانند در هر دو سیستم حفاظت فعال شوند مانند

100% stator earth fault و reverse power و یا تکرار برخی از توابع هیچ مزیت یا ارتقاء

سطح امنیت را فراهم نمی کند به عنوان مثال فعال کردن تابع حفاظت دیفرانسیل ژنراتور در هر دو سیستم از نظر PTD PA زیمنس ضرورتی نداشت ولی بنا بر اصرار کارفرما (مپنا) معمولاً در هر دو سیستم لحاظ می کنند. در ضمیمه ۱ نمونه ای از نقشه های تک خطی حفاظتی پیشنهادی زیمنس ارایه می شود.

البته هر رله دارای توابع رطارتی و کنترلی مختلف نظیر تابع نظارت بر مدار تریپ ، نظارت بر تغذیه DC ، نظارت بر خود رله ، نظارت بر فیوزها^۳ ، مونیتورینگ ولتاژ و... و نمایش میمیک و کنترل محلی از روی رله ، مدار قفل کننده تریپ و... می باشد که در گزارشات و دوره های آموزشی آتی به آنها پرداخته خواهد شد.

³ Fuse failure monitoring