الباب الخامس

دراسة الحالة للحماية المستخدمة في د. محطة محمود شريف الحرارية

1.5 مقدمة :

تعتبر محطة الشهيد د. محمود شريف الحرارية من أكبر المحطات الحرارية التابعة للشركة السودانية للتوليد الحراري والتي تقوم بدعم الشبكة بنسبة عالية من الطاقة الكهربائية حيث أنها تقوم بتعويض النقص فى التوليد المائى عندما ينخفض منسوب المياه أثناء فترة الصيف .

2.5 الموقع الجغرافي :

تقع محطة الشهيد د. محمود شريف الحرارية فى منطقة بحري شرق المنطقة الصناعية وتم إختيار هذا الموقع لأنه لا يتعارض مع سلامة الملاحة الجوية كذلك لقربه من السكة حديد والطرق البرية مما يؤدى إلى تسهيل عملية نقل المواد اللازمة لتشغيل المحطة من وقود ومواد أخرى .

3.5 مكونات محطة الشهيد د. محمود شريف الحرارية :

تتكون هذه المحطة من أربعة وحدات بخارية Steam Turbine تعمل بدورة إعادة التوليد وتم تركيب هذه الوحدات على مرحلتين .

4.5 مراحل إنشاء محطة الشهيد د. محمود شريف الحرارية :

1.4.5 المرحلة الأولى Phase 1 :

تضم هذه المرحلة وحدتين سعة الواحدة منها 30 ميقاواط. بدأ العمل فى هاتين الوحدتين فى مارس 1981م بتمويل من هيئة التنمية البريطانية لما وراء البحار. التكلفة الكلية للمرحلة

الأولى 12729448 جنيه سودانى كمكون محلى و 48164555 جنيه إسترلينى كمكون أجنبى . تم إفتتاح المرحلة الأولى فى ديسمبر 1985م .

2.4.5 المرحلة الثانية Phase 2 :

تضم هذه المرحلة وحدتين سعة الواحدة منهما 60 ميقاواط . بدأ العمل فى هاتين الوحدتين في أغسطس 1988م بتمويل من حكومة السودان والبنك الدولى والحكومة الفرنسية وبنك التنمية الإفريق ي والحكومة اليابانية. التكلفة الكلية للمرحلة الثانية 106 مليون دولار كمكون أجنبى و 160 مليون جنيه سودانى كمكون محلى .تم افتتاح المرحلة الثانية فى 1989م .

3.4.5 المرحلة الثالثة phase3:

تتكون هذه المرحلة من و حدتين حراريتين بسعة مئة ميغاوا ت للوحدة وهى الآن فى مرحلة مناقشة العرض . بإكمال هذه المرحلة تكتمل السعة الكلية للمحطة وهى 380 ميغاوا ط بزيادة 20 ميغاواط عن ا لطاقة ا لتى صممت عليها المحطة.

تقدمت شركة CCPG الصينية ا لوسطى للكهرباء بعرض مالى وفنى لتنفيذ الوحدتين وملحقاتها وقد تم تقييم العرض وأخطرت الشركة بالتوضيحات المالية والفنية للتفاوض وتوقيع ا لعقد. فترة ا لتنفيذ 26 شهر من بداية توقيع العقد.

5.5 المحولات في محطة محطة الشهيد د. محمود شريف الحرارية:

المحول هو جهاز كهروإستاتيكي يقوم بتحويل القدرة الكهربائية من شكل إلى أخر(خفض أو رفع)

6.5 المحولات المستخدمة في محطة الشهيد د. محمود شريف الحرارية تقسم إلى نوعين:

1.6.5 محول الرفع (Step Up Transformer) :

مهمة هذا المحول هي نقل القدرة الكهربائية خارج المحطة ويسمى بمحول المحطة الرئيسي.

2.6.5 محول خافض (Step Down Transformer) :

مهمة هذا المحول هي تغذية الأجزاء المساعدة لتوليد القدرة الكهربية مثل (المضخات – الطلمبات)في القسم الأول((phase(1) محول الوحدة الرئيسي ذو سعة (41.25MVA) ويقوم برفع الجهد من 11.8 Kvإلى 110Kv و محول الوحدة المساعد ذو سعة (9MVA) ويقوم بخفض الجهد من 11.8 Kv إلى 3.3Kv وفي القسم الثاني ((phase(2) محول الوحدة الرئيسي ذو سعة (41.25MVA) ويقوم برفع الجهد من11.8 Kv إلى 110 Kv ومحول الوحدة المساعد ذو سعة (14MVA) ويقوم بخفض الجهد من 11.8 Kv إلى 6.6Kv ومواصفات المحول الرئيسي مبينة في الجدول (1.5).

جدول (1.5) يوضح مواصفات المحول الرئيسي

Customer	Net projectes LTD to 29523
Customer Order NO	Pjy 30011
Serial No	44364
Site	Khartoum North
W.S.NO	7991
MVA	41.25
Phase	3
Hertz	50
Voltage ratio	(11.8/110)Kv
Connection	HV star LV delta
Tapping rate	$\pm\ 10\%\ on\ 16\ steps\ of\ 1.25\%$
Specification	Bs1711978
Data of tests	$7^{th}\ to\ 13^{th}\ April\ 1982$

7.5 الأجزاء الرئيسية لكل وحدة في المحطة :

جميع الوحدات في هذه المحطة تحتوي على المكونات التالية :

1.7.5 التوربينة (The Turbine) :

تصنع التوربينة من الصلب وهي عبارة عن جسم محوري على يشكل أسطواني مثبت به لوحات مقعرة rيصطدم بها البخار فيعمل على دوران المحور بسرعة عالية جداً تصل إلي 3000 دورة في الدقيقة وتختلف التوربينة بإختلاف حجم وضغط ودرجة حرارة البخار .

2.7.5 المولد الكهربائي (The Generator) :

يتكون من جزءين جزء ثابت وجزء دوار ، ويكون الجزء الدوار مربوط على محور التوربينة مباشرة بواسطة العمود الدوار Shaft والجدولين (2.5) و(3.5) يوضحان مواصفات مولدات المرحلة الأولى والثانية على التوالي في هذه المحطة .

جدول (2.5) يوضح مواصفات مولدات المرحلة الأولى (Phase 1) في هذه المحطة :

Phase	3 Phase
Frequency	50 HZ
Air Gap	35 mm
Oil Quantity	2100 Liters/ hour
Rotor Winding	24 Wound
Fan tip to air guide clearance	2mm (nominal)
Shaft Ear thing brush gear	2 Brushes
Stator Thermo Couples	20(including five spares)

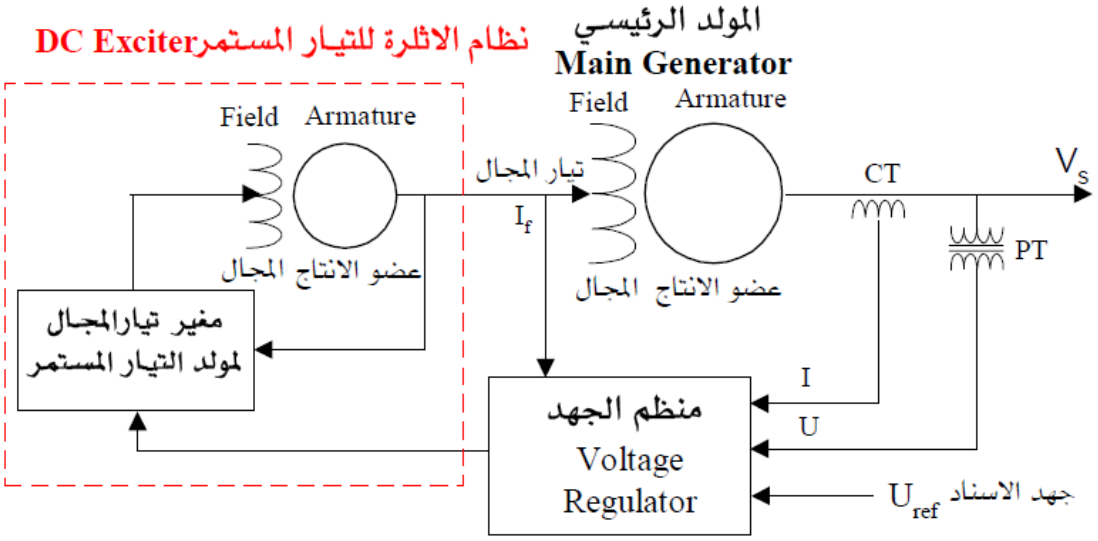
جدول (3.5) يوضح مواصفات مولدات المرحلة الثانية (Phase 2) في هذه المحطة :

النوع (Type)	Three Phase
الرقم المتسلسل (Series Number)	412745
سنة الصنع (Year of Manufacture)	1989 م
القدرة الظاهرية (Apparent Power)	75000 KVA
التيار المقدر (Rated Current)	3936 A
الفولتية المقدرة (Rated Voltage)	11KV
معامل القدرة (Power Factor)	
السرعة (Speed)	3000 rpm
التردد (Frequency)	50 HZ
دورة التشغيل (Duty)	Direct
التغذية (Excitation)	214-825 A

3.7.5 المثير (The Exciter) :

يزودنا نظام الإثارة بتيار المجال الضروري للفات العضو الدوار للآلة التزامنية ، ويقرن المثير بالعمود الرئيسي خلال تروس وتدور بسرعة مساوية لسرعة المولد ، نظام الاثارة المستخدم في هذه المحطة هو نظام إثارة منفصل من غير فرش والشكل (4.5) يوضح دائرة نظام الإثارة المستخدمة في المحطة.

ويتكون نظام الإثارة من مستثير رئيسي لمقوم مولد التيار المتردد ومستثير دليلي لمولد مغناطيسي دائم (PMG) ويدار كل من المستثير الرئيسي والدليلي مباشرة من العمود الرئيسي ، والمثير له عضو ساكن وعضو إنتاج دوار متصل خلال مقومات سيليكون في مجال مولد التيار المتردد الرئيسي والجدول (5.4) يبين مواصفات المثير في المرحلة الأولى (Phase 1).



شكل (1.5) يوضح دائرة نظام الإثارة المستخدمة في المحطة

جدول (4.5) يبين مواصفات المثير في المرحلة الأولى (Phase 1)

Speed	3000 rev/min
Out Let	130KW
Voltage (dc)	205V
Current (dc)	630A
Frequency	150HZ
Insulation	Class F System
Number of Poles	6 Poles
Air Gap	4mm
Oil Viscosity	Oil to ISO V G46
Oil Quantity	130Liters /hour
Number of Machines	2

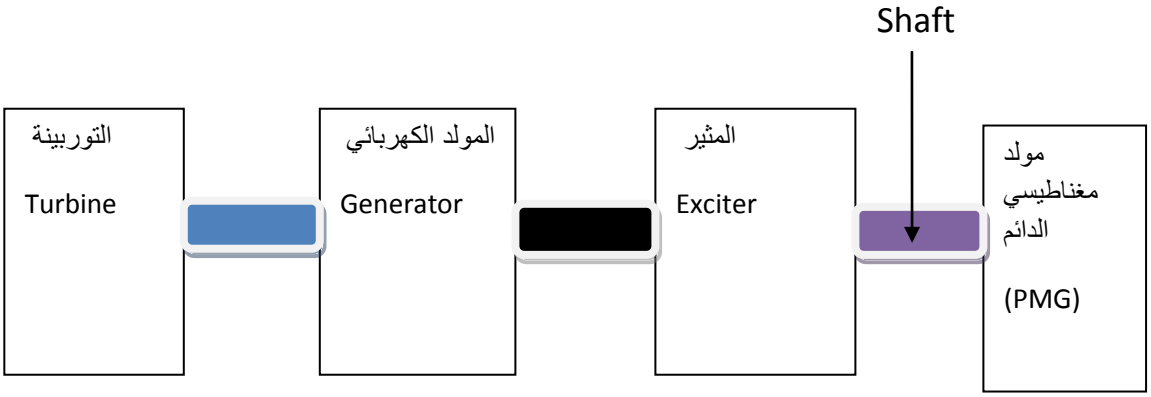
4.7.5 المولد ذو المغنطيس الطبيعي Permanent Magnet Generator :

يوصل مع عمود التوربينة ويدور بنفس سرعتها، ويحتوى على مغنطيس طبيعي يوفر له مجال مغناطيسي دائم ، ويقوم هذا المولد الذي يحتوى على ثلاثة أوجه 3 phase بتوليد 120 فولت ووظيفته توليد الطاقة الكهربائية اللازمة لتشغيل موتور الحاكم .

جدول (5.5) يبين مواصفات الـ (PMG) في إحدى وحدات التوليد في المحطة:

Type	Permanent Magnet Generator type F.7792
Voltage	90 V
Current	25 A
Out Put	2.25 KVA
Phase	Single
Frequency	200 HZ
Speed	3000 rev/ min
Number of Poles	8
Air Gap	0.035
Insulation	Class F

والشكل(2.5) يوضح مخطط صندوقي لإجزاء الوحدة في المحطة :



شكل (5.2) يوضح المخطط الصندوقي لمكونات وحدة توليد في المحطة

5.8 Results and Discussion:

Reverse Power Protection (RPP, 32)

Setting guidelines

Accordance with IEEE Std. C37.101 and AREVA Technical guide, Reverse power pick-up setting: -P>1 = 50% of max. Motoring power

Time delay: Time Delay = 10s (Normal value) Where, -P>1 maximum motoring power setting.

Setting calculation

[System data]

- Generator rating: 50Hz, 60MW, 0.8 PF: Xd = 1.40 pu, Xd‟‟ = 0.3 pu (at 75MVA base)
- AC Sequence: Gen. Stator neutral side CT (4000/1A) : 11kV Bus side VT (11/0.11kV)

[Calculation for reverse power protection]

Generator rating ($P1^{st}$) converting to CT&VT second value ($P2^{nd}$)is as follow

$P1^{st}$ = Generator rating = 60MW

$$P2^{st} = \frac{\text{Generator rating}}{CT\ Ratio \times VT\ Ratio} = \frac{60 \times 106}{4000 \times 100} = 150\ watt$$

-P>1 = 50% x 3% x P2nd

= 0.5 x 0.03 x 150 = 2.25W ∴ 2.2 W

Time Delay = 8s ∴ 8 s

Even if normal time delay is 10s, existing value 8s should be considered

Stator Earth Fault Protection (STFP, 51N)

Setting guidelines

Accordance with IEEE Std. C37.101 and AREVA Technical guide, the earth fault current setting: IN1>1 Current Set = 5% of limited E/F current The

3rd harmonic voltage: 100% St. EF V_{N3H} = 1% of input voltage.

Setting calculation

[System data]

- Generator rating: 50Hz, 60MW, 0.8 PF: Xd = 1.40 pu, Xd‟‟ = 0.3 pu (at 75MVA base)
- AC Sequence: Gen. Neutral transformer (11000/240V, 15kVA): Gen. neutral transformer secondary side CT (300/1A, 5P10, 10VA): Gen. neutral transformer secondary side resistor (0.5 Ohms)

[Calculation for stator earth fault protection]

The maximum generator neutral transformer secondary voltage;

$$V_{max} = \frac{11000}{\sqrt{3}} \times \frac{240}{11000} = 138.56\ V$$

For 95% protection of the windings, the relay should be set as follows;

IN1>1 Current = 0.05 x$\frac{138.56}{0.5} \times \frac{1}{300} = 0.046\ A$ ∴0.05 A

Time Delay = 0.5s ∴0.5 s

Where IN1>1 Current: earth fault current setting

[Calculation for 100% stator earth fault protection, 3rd harmonic method] 100% St. EF VN3H = 1% of input voltage

= 0.01 x 138.56 V= 1.3856 V ∴1.4 V

Time Delay = 1 s ∴1 s

Existing value 1s should be considered.

Frequency Protection (FRCP, 81U/81O)

Setting guidelines

The P344 relays provide a four stage over fluxing element. One stage can be set to operate with a definite time or inverse time delay (IDMT), this stage can be used to provide the protection trip output. There are also 3 other definite time stages which can be combined with the inverse time

characteristic to create a combined multi-stage

V/Hz trip operating characteristic using Programmable Scheme Logic (PSL).

V/Hz element should be set as per „Permissible shot-time over excitation of generator".

First stage V/Hz element: V/Hz>1 Set = 1.5 ~ 3.5 V/Hz in step 0.01

V/Hz First stage time delay: V/Hz>1 Trip TMS or DT

Operating time t = $\frac{tms}{(m-1)^2}$

Where,

M = V/f / (V/f Trip setting)

V = Measured voltage

F = Measured

frequency

DT = Definite time

Second stage V/Hz element: V/Hz>2 Set = 1.5 ~ 3.5 V/Hz in step 0.01 V/Hz

Second stage time delay: V/Hz>2 Trip Delay = 0 ~ 600s in step 0.01s

Third stage V/Hz element: V/Hz>3 Set = 1.5 ~ 3.5 V/Hz in step 0.01

V/Hz Third stage time delay: V/Hz>3 Trip Delay = 0 ~ 600s in step 0.01s

Fourth stage V/Hz element: V/Hz>4 Set = 1.5 ~ 3.5 V/Hz in step 0.01

V/Hz Fourth stage time delay: V/Hz>4 Trip Delay = 0 ~ 600s in step 0.01s

Setting calculation

[System data]

- ❖ AC Sequence: 11kV Bus side VT

(11/0.11kV) [Calculation for over fluxing protection]

1p.u V/Hz setting = 11000 x 110/11000 / 50Hz = 2.2 V/Hz

V/Hz Alarm Set = 2.2 V/Hz x 1.1 = 2.42 V/Hz ∴2.4

V/Hz Time Delay = 0.5s ∴0.5

s (for alarm)

V/Hz>1 Set = 2.2 V/Hz x 1.1 = 2.42 V/Hz ∴2.4 V/Hz

Time Delay = 45s ∴45s (DT)

V/Hz>2 Set = 2.2 V/Hz x 1.15 = 2.53 V/Hz ∴2.5

V/Hz Time Delay = 6s ∴6 s

V/Hz>3 Set = 2.2 V/Hz x 1.2 = 2.64 V/Hz ∴2.6

V/Hz Time Delay = 2s ∴2 s

V/Hz>4 Set = 2.2 V/Hz x 1.25 = 2.75 V/Hz ∴2.7

V/Hz Time Delay = 1s ∴1 s

Overvoltage Protection (OVVP, 59)

Setting guidelines

Overvoltage protection should be set to prevent possible damage to generator insulation, prolonged over fluxing of the generating plant, or damage to power system loads.

Accordance with IEEE Std. C37.102 and AREVA Technical guide, Overvoltage element: V>1 Voltage Set = 115% of input voltage Time delay: V>1 TMS = 2s at 120% of tap setting voltage

Where V>1 : maximum voltage Setting

Operating time t = $\frac{k}{m-1}$

TMS K= (M – 1) x t

Where, K= Time multiplier setting (TMS) M= Measured voltage / Setting voltage

Overvoltage element: V>2 Voltage Set = 150% of input

voltage Time delay: V>2 Time Delay = 0.1s

Setting calculation

[System data]

❖ AC Sequence: 11kV Bus side VT (11/0.11kV) [Calculation for overvoltage protection]

V>1 Voltage Set = 1.15 x 110 = 126.5 V ∴126

V V>1 TMS = (1.2 – 1) x 2 = 0.4 ∴0.4

(IDMT)

V>2 Voltage Set = 1.5 x 110 = 165 V ∴165 V

V>2 Time delay = 0.1s ∴0.1 s

Under Voltage Protection (UVVP, 27)

Setting guidelines

Accordance with IEEE Std. C37.102 and AREVA Technical guide,

Under voltage element: V<1 Voltage Set = 80% of input voltage (For alarm used)

Time delay: V<1 Time Delay = 3s

Under voltage element: V<2 Voltage Set = 70% of input voltage Time delay: V<2 Time Delay = 2s

Setting calculation

[System data]

- AC Sequence: 11kV Bus side VT (11/0.11kV) [Calculation for under voltage protection]

V<1 Voltage Set = 0.8 x 110 = 88 V

∴88 V

V<1

TMS = 3 s ∴3 s

(for alarm)

V<2 Voltage Set = 0.7 x 110 = 77 V ∴77 V

V<2 Time delay = 2 s ∴2 s

Generator Differential Protection (DGP, 87G)

Setting guidelines

Accordance with IEEE Std. 242 and AREVA Technical guide,

The differential current setting: Gen Diff Is1 = 0.05In,

Gen Diff Is2 = 1.2

In The initial bias slope setting: Gen Diff k1 = 5%, Gen Diff k_2 = 150%

Setting calculation

[System data]

- Generator rating: 50Hz, 60MW, 0.8 PF

FLC = $\frac{60\times1000}{\sqrt{3}\times11\times0.8} = 3936\ A$

- AC Sequence: Gen. Stator neutral side CT (4000/1A):11kV Bus side CT (4000/1A)

[Calculation for generator differential protection]

Gen Diff Is1 = 0.1 x 3936 x (1/4000) = 0.09 A ∴0.1 A

Gen Diff Is2 = 1.2 x 3936 x (1/4000) = 1.18 A ∴1.2 A

Gen Diff k1 = 10% (IEEE Std. 242 recommendation) ∴10 %

Gen Diff k1 = 150% (Manufacture recommendation) ∴150%

generator single line diagram

Full protection single line diagram of generator unit illustrated in figure 5.3

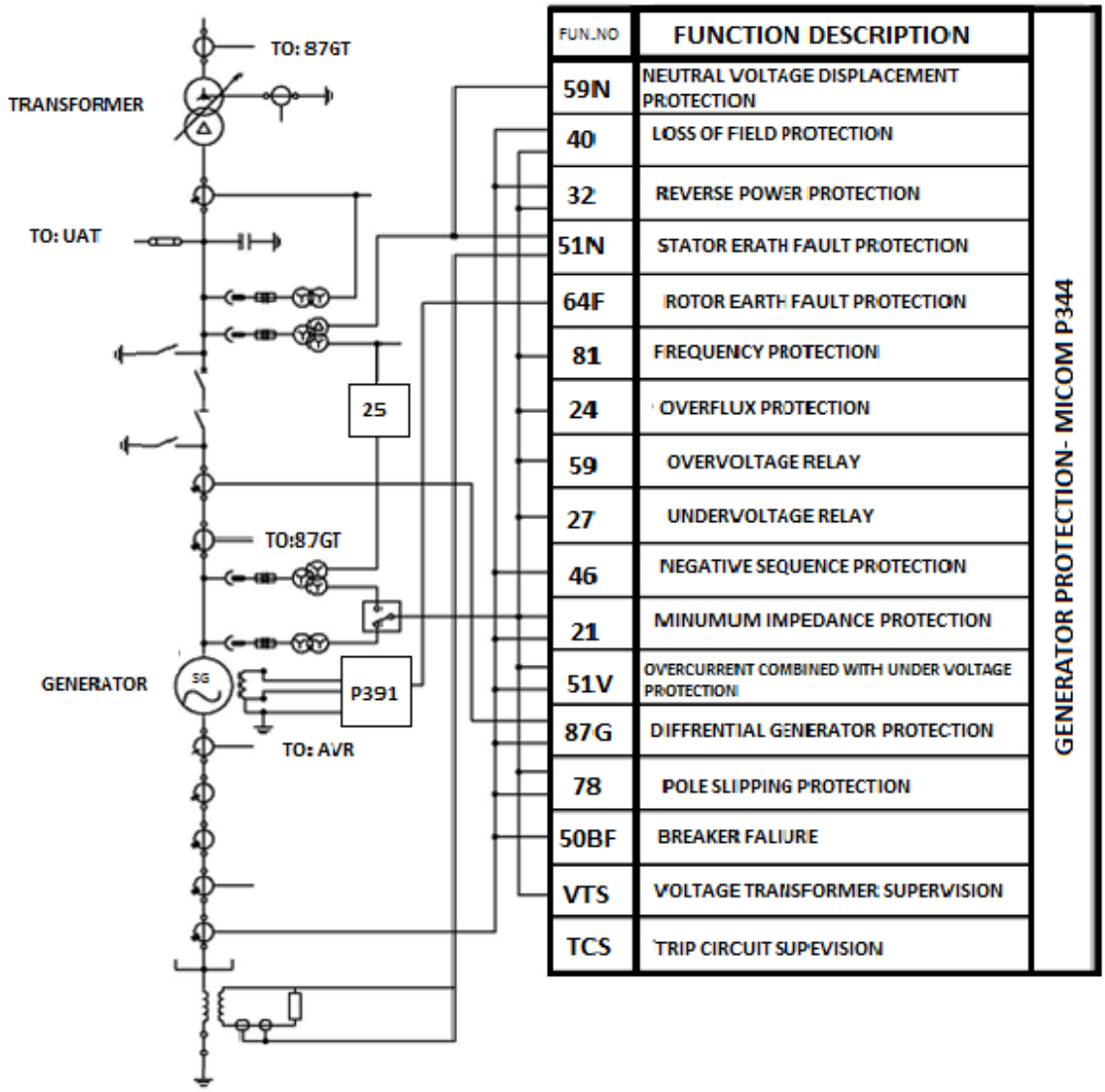


Figure 5.3: generator protection single line diagram