Chapter 4
Types of Circuit Breakers

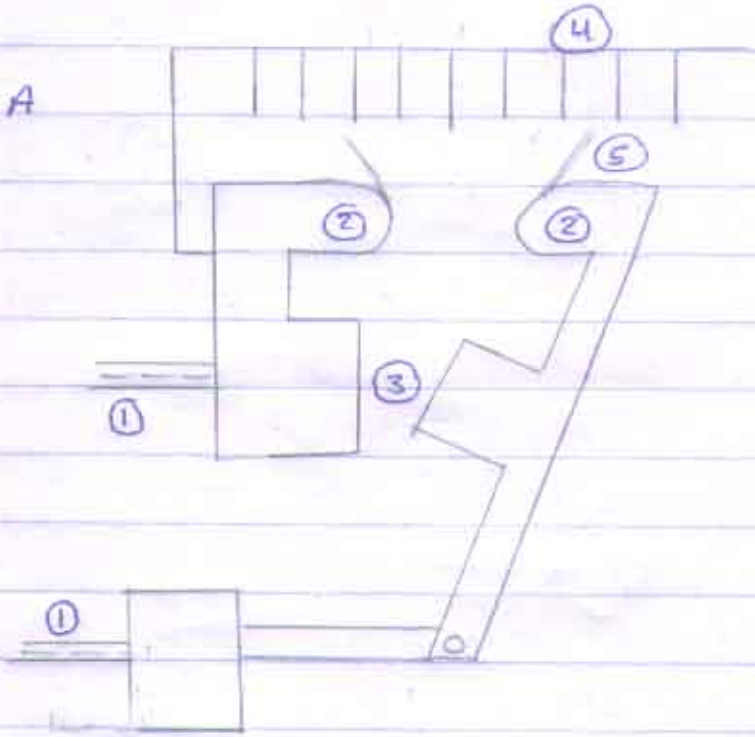
1 Air Break C.B

تستخدم هذا النوع تحت ضغط جوي عادي لاطفاء الـ Arc وتستخدم في تطبيقات الـ AC و DC عند جهد اقصى (12KV) وغالبًا يستخدم توصيله (indoor) ويتركب على لوحات رأسية (Vertical panels). ويستخدم فكرة الـ Arc لاطفاء الـ (High resistance)

- Ratings of Air C.B

(460V - 3.3 KV) ⇒ 400 - 3500 A

6.6 KV ⇒ 400 - 2400 A.



- Construction of Air C.B

1- Current Carrying
2- Arcing Contacts
3- Main Contacts
4- Splitters
5- Arc Runners

لاحظ ان الـ (Arcing Contacts) مصنوعة من مادة صلبة جدًا ومقاومتها للحرارة عالية جدًا لكن تتحمل القوس الكهربي وغالبًا مصنوعة من سبيكة النحاس (Copper Alloy)

- Arc Extinguish Method.

بمجرد فتح الـ main contacts يتكون القوس الكهربي نستخدم electromagnetic Force لدفع القوس الى اعلى (blow Up) الى Arc runners التي تزيد طول القوس وبالتالي تزداد مقاومته فيدخل منطقة الـ Splitters ليتجزأ وبذلك اصبح ضعيفًا جدًا فيسهل اطفاءه من خلال الهواء تحت ضغط عادي.

* Miniature and Moulded Case C.B

• نوع من انواع الـ Air C.B يستخدم في الـ LV فقط مثل المنازل

• المصانع الخفيفة يجمع بين خواص الـ HRC Fuse و المفتاح

في الحالة العادية يستخدم كمفتاح

• يتميز بأنه ⇐ 1_ high Dielatric Strength

2_ high Mechanical Strength

3_ non_Rusting metalic parts لا يصدأ

• طريقة اطفاء القوس مثل الـ Air C.B بالضغط

* Ratings => 5_60 Amp

240_415 V. (Ac) 50_110 V. (DC)

Rupting Capacity Upto 3KA at 50V.

1KA at 110V.

---

[2] Air Blast C.B

(تستخدم هنا هواء مضغوط من 20 الى 30 ضغط جوي (اي من 20 الى 30 مرة الضغط العادي)

وتستخدم فقط ما بين الجهود (11_1100 KV) لانها مناسبة جدا للتطبيقات الـ HV خصوصا

خطوط نقل (220 KV)

. Construction of Air Blast

1_ Tank Air Reservoir

2_ ~~Hollow insulator~~ operating Rod

3_ Pneumatic Valves of Air

4_ Pneumatic operating mechanism

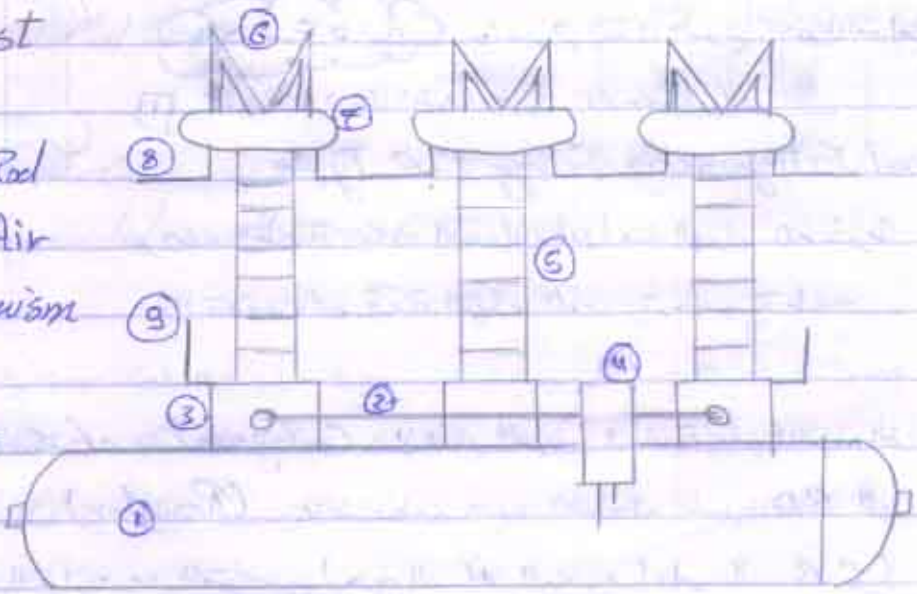
5_ Hollow insulators

6_ Resistance Switching Unit

7_ Double Arc chamber

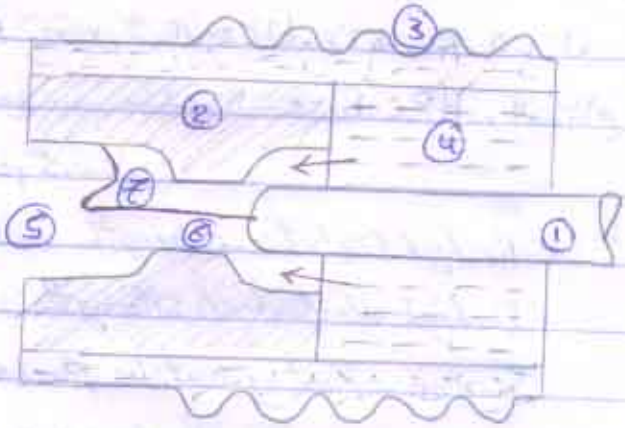
8_ Current Carrying Connection

9_ Arcing Horns.



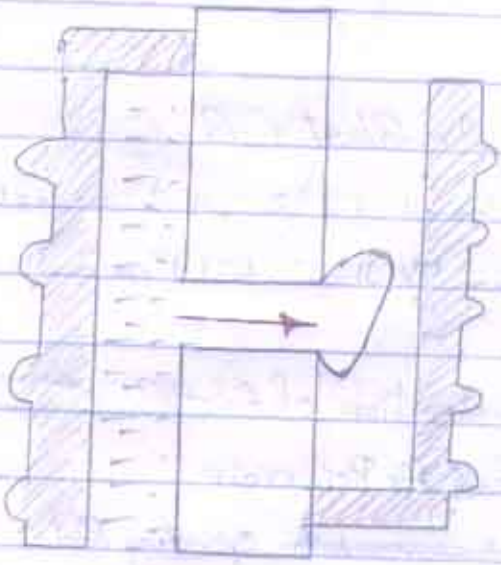
- Arc Extinguishing Technique

1- Moving contact
2- Fixed Contacts
3- Porcelain housing
4- High pressure Air (20-30 atm)
5- Atmospheric pressure Air (1 atm)
6- Nozzle
7- Arc



عند ظهور القوس الكهربي يندفع الهواء المضغوط بسرعة كبيرة جداً مما يساعد على سرعة فتح الـ (Contacts) ومما يخمد القوس منه فينطفئ القوس خلال 1-2 cycles فقط

هذه الطريقة تسمى (Axial Arc Extinguishing Technique)



في هذا الرسم يستخدم طريقة أخرى تسمى (Cross Arc Extinguish) لم تعد تستخدم حاليًا لأنها تستخدم غالبًا في الـ low ratings مثال (12 KV)

ملحوظة هامة: يندرج هذا النوع تحت القواطع [1] التي تحتاج طاقة خارجية للإطفاء
External Extinguishing Energy C.B Type

وهذه الطاقة يمكن الحصول عليها من الهواء المضغوط ولا تعتمد على قيمة التيار الذي يتوجب قطعه.

[2] تستخدم Configuration of Switching لإطفاء الجهد العالية على أطراف القواطع لأنه يوجد هذه الجهود قبل BD للعازل (Resistor) ويتم توصيلها على التوازي مع القوس (حرف H الموجود أعلى الـ C.B)

* Advantages of Air C.B

١- سرعة العمل .
٢- بسيط و تركيبه سهل .
٣- مناسب لعملية التكرار .
٤- عمره الافتراضي طويل .
٥- سهل صيانته .
٦- يغطي مساحة كبيرة من الجهد .
٧- قوة عزل كبيرة .
٨- لا يعتمد على قيمة تيار الـ S.C

* Disadvantages

١- يحتاج الى Compressor
٢- تصريب من الهواء
٣- يحتاج الصانع الى صيانة
٤- حساس جداً .

* Applications of Air Blast C.B

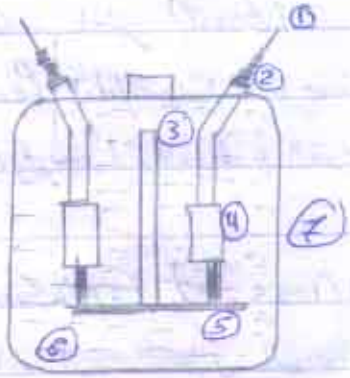
١- أنظمة التتبع Traction .
٢- المولدات الكهربية .

[3] Bulk Oil Tank C.B

يستخدم زيت عازل لإطفاء القوس الكهربي وأيضاً عزل الـ phases عن بعضها وعن الأرض

لم يعد يستخدم هذا النوع الآن نظراً لمشاكله الكثيرة . ويستخدم كما أقصى عند 5(12KV) (indoor) للضغط الكهربي (outdoor) :

* Construction and Arc Extinguishing Technique

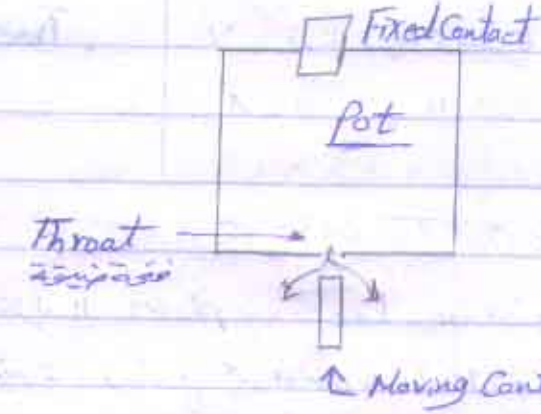


1- Conductor
2- Bushing Porcelain
3- Tension Rod (Fibre Glass)
4- Fixed Contacts with Arc Control Device
5- Moving Contacts
6- Dielectric Oil (Transformer Oil)
7- Tank Fram (Dead Metal grounded Weather proof Tank)

• عندما يحدث القوس الكهربي وبسبب درجة حرارته العالية يتبخر الزيت مكوناً 80% من هيدروجين والذي يزيد عملية التأين وتكون غازاً كثيراً من الهيدروجين حول القوس والذي يضغط الغاز داخلها كبير فيطفئ القوس عند طريق (blast) داخل هذه الفقاعة .

* Forced blast oil Technique

عندما يتحرك الـ (Moving Contact) مرتبطا معه (Piston) فالغاز يضغط على الزيت ليزداد ضغط الزيت فيدفع الزيت المضغوط الى القوس لاطفاءه.



* Self Blast Oil Technique

يتم جمع الغازات الناتجة من تبخر الزيت في مساحة صغيرة (حجم صغير) باستخدام Explosion pot حول الـ (Contacts).

وبالتالي بسبب صغر المساحة الصغيرة يزداد ضغط الغازات لتجبرها على إطفاء القوس

* Types of Explosion pots

(i) pot (plain Explosion pot)

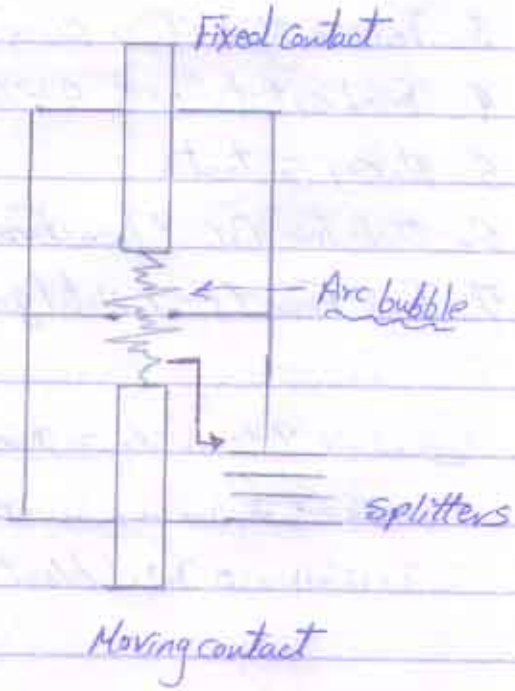
- عندما تحدث Fault ويظهر القوس الكهربي بسبب حرارته العالية يتحلل الزيت الى غاز مضغوط على داخل الـ pot وبسبب هذا الضغط العالي يجبر الزيت والغاز على الخروج من الـ Throat لاطفاء القوس الكهربي.
- لا يستخدم هذا النوع مع الجهود العالية جدًا أو الـ Faults العالية جدًا لانه ممكن ينفجر (burst).

ولا يستخدم مع الـ Faults القليلة جدًا لانه سيبقى الزيت سوف يسخن قليل جدًا ولا يطفئ القوس.

(ii) Cross Jet Explosion pot

بسبب القوس الكهربي فان الزيت يتحول الى غاز مضغوط عالي جدًا فعند انفصال الـ Contacts يندفع الغاز والزيت معًا لاطفاء القوس ويستعمل القوس الكهربي نحو الـ Splitters

- ويستخدم فقط مع الـ Faults العالية.



(iii) Self-Compensated Explosion pot

مزيج من النوعين ويستخدم في جميع حالات الـ Faults

* DisadVantages of oil Tanks

١- يستخدم كميات كبيرة من الزيت بالرغم انه من اطفاء القوس يستخدم كمية قليلة فقط .

٢- حجم الـ Tanks كبير جدًا .

٣- الزيت يحتاج الى تغيير مستمر .

٤- خطر جدًا احدوث حرائق .

5- لحدث Fault لـ 1-phase يؤثر على الـ 3-phase

• Why Aren't Oil Circuit breakers Suitable For repeated operations

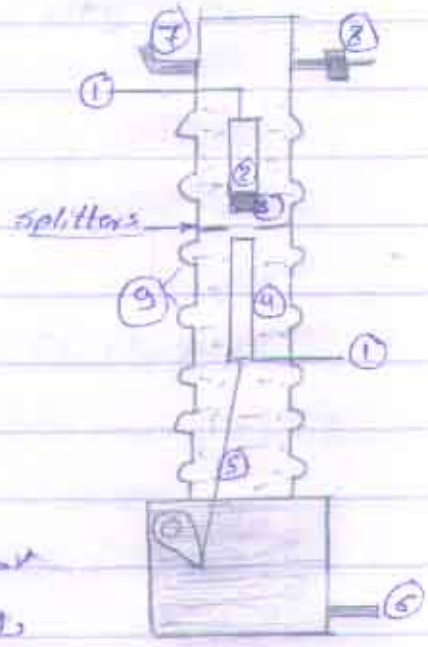
لماذا لا يجب استخدام الـ (Oil) في الآلات التي يحدث فيها Fault مستمر ، وتحتاج فيها لعملية اطفاء متكررة ؟

لأن الحرارة الناتجة من القوس الكهربي تسبب تكربن (Carbonized) الزيت مما يؤثر على خواص عزله .

---

[4] Minimum Oil C.B

يستخدم (Tank) صغير من الزيت على كل (Phase) ويدعم عازل الـ (Porcelain) ويعتمد فكرة الـ bulk oil في الاطفاء (كمية الزيت 10% من الموجودة في الـ bulk)



. Construction

1- Terminals (One-phase per Tank)
2- Fixed Contacts
3- Arc Control Device
4- Moving Contacts
5- operating Rod
6- Drain Valve of Oil
7- Drain Valve of Gases
8- breather (Gas Vent)
9- Porcelain housing [Arc Chamber]

لاحظ ان Tank الزيت اللي تحت عامل الا داعم فقط للزيت اللي فوق .

I [operating Mechanism]

* Applications *

١- مع كل الجهود LV MV HV EHV

٢- يستخدم في الدوائر التي تحتاج سعة قطع عالية High breaking Capacity

٣- المحول الكهربي Transformers

* Advantages of Minimum Oil

١- يستخدم كميات قليلة من الزيت.

٢- يحتاج الى مساحة قليلة.

٣- خطورة حريق صغيرة (تقل).

* Disadvantages of Minimum Oil

١- عمره الافتراضي قليل.

٢- يحتاج الى صيانة دورية.

٣- احتمالية الانفجار (تزداد).

٤- عند التيارات القليلة يأخذ وقت أطول لقطعها

٥- جهد الـ Restriking Volt.

٦- تزداد درجة الكربنة نظراً لقلة حجم وقلة كمية الزيت فيه.

5 Sulfur Hexa Fluoride (SF_6) C.B

تم استخدام هذا النوع على جميع مستويات الـ (minimum oil) وهو الأفضل عالمياً حيث يستخدم في جميع أنواع القواطع ما بين 3.6KV إلى 765KV وهو العنصر الأساسي في محطات الـ (GIS)

• Liquefaction of SF_6 Gas سيولة الغاز

1- Heat Transferability = 2.5 Time of Air

2- Enthalpy = يساعد على تبريد الغاز بعد انطفاء القوس الكهربي.

3- Low Arc time Constant

• Dielectric Properties

١- قوة عزله أكبر من الهواء 2.35 مرة وأضعف من الزيت بنسبة 30%

٢- عند الضغط العالي تزداد قوة عزله وبالتالي عند الضغط العالي تصبح أقوى من الزيت.

٣- يخضع لقانون (Paschen) ($V_{B.D} \propto pxd$)

٤- عندما يحدث BD يبدأ من عند الـ (edges) لأن عندها الـ Hex Stress.

٥- تعتمد قيمة الـ BD على شكل الـ (Wave) وأسوء حالة للـ BD هي عند الـ (impulse).

• Physical Properties of SF_6

١- عديم اللون والرائحة.

٢- الغاز النقي منه غير ضار بالصحة.

٣- غير قابل للاشتعال.

٤- كثافته تعادل 5 مرات كثافة الهواء عند درجة حرارة 20° وتحت ضغط جوي.

• Chemical properties of SF_6

١- مستقر عند (500°C)

٢- خامل (inert)

٣- Electronegative Gas

٤- لا يتفاعل مع أي مواد.

٥- يحتوي على Metallic Fluorides وهي مواد عازلة كما تمتص الرطوبة

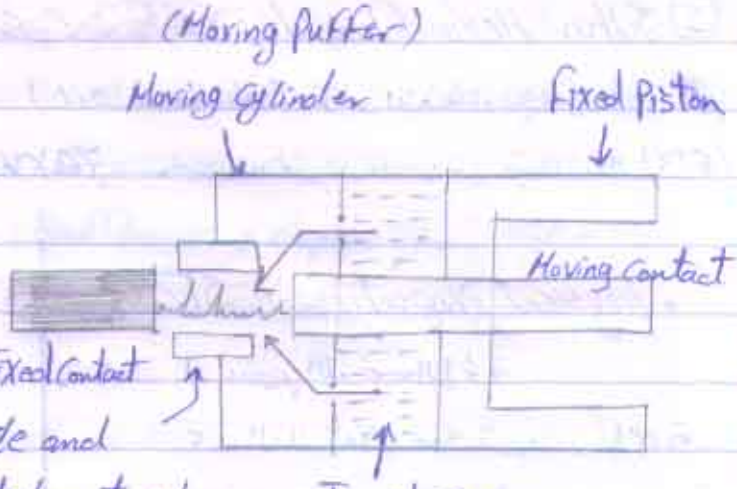
٦- عندما يختلط بغاز آخر يحافظ على قوة عزله

---

* Arc Extinguishing Techniques *

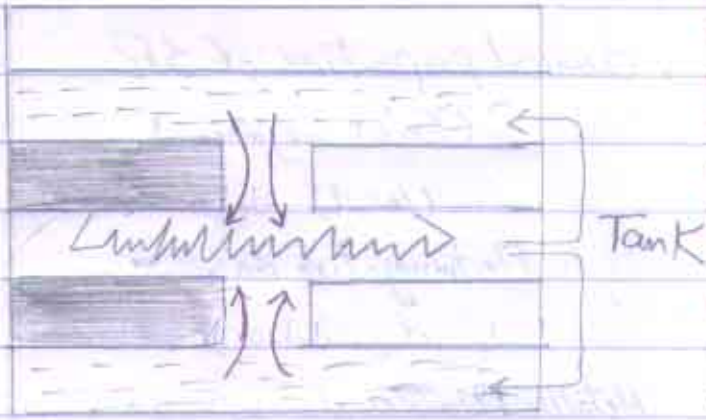
- Single puffer
- Double puffer

* Single puffer pressure
[Single Flow of Quenching Medium]



عندما يتحرك الـ (Moving) وهو الـ (Moving Puffer) والـ Piston ثابت الغاز المحبوس يتم ضغطه فيخرج من فتحة ضيقة جدًا متجهًا نحو الـ (Arc) لإطفائه.
يستمر الـ Arc لوقت إضافي حتى يعبر المسافة (Contact Space) ويتم ملئ الـ Puffer بغاز جديد.
(يشبه في عمله عمل الحقنة).

* Double puffer pressure



عند فتح الـ Contacts ينزل الغاز المضغوط على الـ Arc فيتجاذبين مختلفين ثم يعود الى الـ Tank ثم ينزل على الـ Arc مختلف جديد مما يتسبب في استهلاك سريع جدًا للقوس فيقل قطر القوس الكهربي.
معظم قواطع الجهد العالي تستخدم هذا الـ (Technique) الآن لكنه التصميم نفسه لا يستخدم حاليًا أصبح Obsolete لأنه معقد جدًا ومكلف للغاية

• الفكرة العامة عندما يظهر الـ Arc يندفع الـ SF_6 نحو الـ Arc مسببًا تبريده وبالتالي يقل قطر الـ Arc وبعد إطفاء القوس ونظرًا لأن غاز SF_6 يعتبر electronegative فيعيد خواصه العزلية جديد

* Disadvantages of SF6

١- بسبب اخطاء التركيب قد يتسرب بعض الغاز
٢- غاز ضار جدا بالبيئة.
٣- قد يتحلل بعض الزلوية وهذا خطر جدا!
٤- يجب ان تكون مكوناته الداخلية نظيفة تماما
٥- يحتاج الوصلات خاصة لنقله
٦- وجود شوائب يضعف قوة عزله بمقدار ١٥٪

* Advantages of SF6

١- غاز مستقر حراريا وكيميائيا.
٢- غير قابل للاشتعال.
٣- قلل عدد الـ interrupters في الـ Pole الواحد.
٤- ارخص وسهل صيانته.
٥- خفيف نسبيا.
٦- صامت ولا يصدر منه اصوات مزعجة.
٧- يحتاج لصيانة مرة كل ٤- ١٥ سنوات
٨- يقطع الـ S.C العالي والمنخفض
٩- عازل ممتاز.
١٠- حل مشاكل وجود O.V على اطراف القاطع

* SF6 Switchgear (GIS)

محطات نقل وتوزيع صغيرة جدا مقارنة بالمحطات الـ (Conventional) تقريبا كل وحدات المحطة تكون موجودة في غرفة كبيرة واحدة ومعزولة باستخدام غاز الـ SF6

Ratings ⇒ 12KV - 420KV or above

وتصنع باستخدام هذا النوع من المحطات في الأماكن ذات التلوث العالي

* Disadvantages of GIS

١- غالية الثمن.
٢- خسائر كبيرة في حالة حدوث خلل داخلي.
٣- تحتاج الى نظافة باستمرار.
٤- تحتاج الى مبنى خاص بها حيث انها غالبا تكون (indoor).
٥- تصعب عملية النقل والصيانة بها.
٦- يصعب نقل الغاز بها لذلك تحتاج الى خزانات احتياطية للغاز.

* Advantages of GIS

١- مساحتها صغيرة.
٢- حماية من التلوث.
٣- تقليل الـ Switching O.V
٤- زمن تركيبها قليل.
٥- قطع الـ Arc ممتاز.
٦- لا يوجد بها تسريب نظرا لان ضغط الغاز قليل نسبيا (4 atm)
٧- أمانه اكثر

* GIS Components (All filled by SF_6 Gas)

1- CT / PT
2- Lightning Arrestors
3- Earthing Switches
4- C.B
5- Busbars
6- Isolators
7- Monitoring Device → (المراقبة الذاتية)

[6] Vacuum C.B

فكرته ببساطة انه عندنا موصلين (Two Current Carrying) موجودين في الفراغ (Vacuum)

- يتم عمل Hotspot كبيرة جدًا عند لحظة انفصال الـ (Contacts) مما يسبب تبخر المعدن وتشكيل الـ Plasma . يتكاثف البخار المعدني الـ plasma فيزيائيًا مع اشعاع البخار من القطبين (electrodes) .
- يقلل الفراغ الكهربي للتوصيل الكهربي من خلال المادة ويجرد ذراته ويقلل اشعاع البخار وبالتالي يتكثف البخار (Condonse) وتزداد الـ Didectric Strength فيتطلع مقاومة التوصيل الكهربي

Advantages of Vacuum C.B

1. Self Contained — يعني لا يحتاج الى ملئ بالغاز او الزيت وبالتالي لا يحتاج لنظام تبريد خارجي أو مضخات زيت
2. Pollution Free → خالي من التلوث
3. No maintenance of interrupters = Economical Over long period
4. Compact Size
5. Non-Explosive → لا ينفجر
6. Silent
7. Suitable For repeated Duty
8. long life
9. Constant Didectric Strength and Contact resistance

Dis-advantages of Vacuum C.B

1. Expensive at high ratings Currents
2. Uneconomical For Voltages above 36KV
3. Needs high Technology For production
4. loss of Vacuum due to Transient damage or Failure Makes it Useless
5. Additional range of Surge Suppressors are required in parallel with VCB phase to Overcome low magnetizing Currents

- Types of Vacuum C.B

[1] Outdoor (12KV or 36KV)

- Outdoor Kiosk → Sheet metal room with inclined roof.
- Porcelain Housed → (12KV or 36KV)

[2] Indoor VCB (17.5 KV To 27.5 KV)

Used in railway applications

وموجود على سطح roof القطار الكهربي (المترو)

الحمد لله رب العالمين