

問題 F

遮断器は、事故大電流を短時間で遮断して、事故設備を電力系統から切り離すためのスイッチである。図 1 に気中遮断器の模式図を示すが、遮断器内の接点を空気中で開極する際、アーク放電が接点間に発生し、電流をすぐには遮断できない。交流電流を遮断する場合、電流零点において、接点間距離が十分な長さ確保できていれば、アーク放電はその時点で消滅（消弧）し、電流遮断完了となる。以下の問に答えよ。

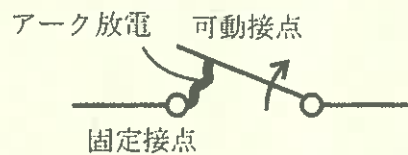


図 1

- (1) アーク放電とグロー放電は定常的な放電である。これらの放電の特徴をその電子放出機構及び電離機構の視点から数行で説明せよ。
- (2) 電力系統に用いられる遮断器の種類として、上記の空気を用いるもの以外にどのようなものが使われているか複数あげよ。理由もそれぞれ数行で説明せよ。

直流電流を遮断する場合は、電流零点が存在しないことから、付加回路が必要となる。図 2 はその一例である。遮断器 CB にインダクタンス L 、及び静電容量 C からなる回路を付加している。図中の R は配線の抵抗である。この回路により、振動しながら発散する電流を作ることによって、電流が 0 になる時点を生成できる。初期状態で遮断器は閉じており、直流電流 I_0 が流れている。時刻 $t=0$ において、遮断器の接点を開くと、接点間には直ちにアーク放電が発生した。以下の問に答えよ。

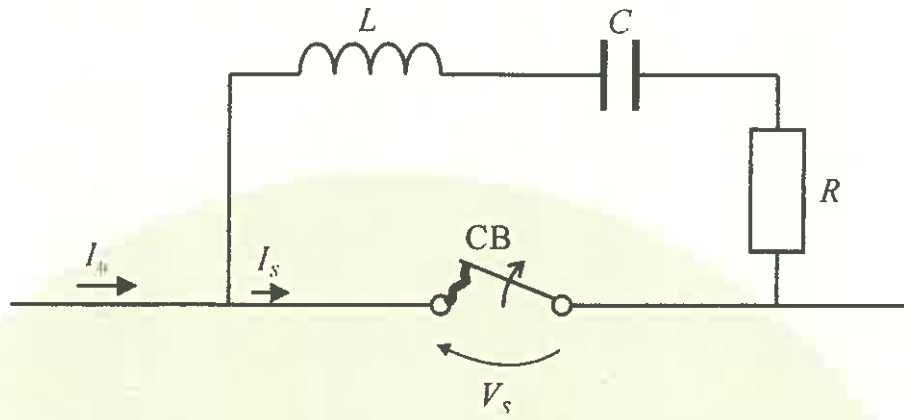
- (3) 遮断器を流れる電流を I_s として、 I_s の満たす回路方程式を求めよ。ただし、アーク放電による電圧降下を V_s とする。
- (4) アーク放電が維持されている間、 V_s と I_s には図 3 に示すように、傾きが負の(i)式で表される直線関係が成立する。

$$V_s = -a(I_s - I_0) + V_0, \quad (i)$$

ただし、 $a > 0$

I_s が振動しながら発散するための条件を求めよ。なお、本問で想定している電流 I_s のとりうる範囲においては、 V_s は正の値をとるものとする。

- (5) 問(4)の条件において I_s を時刻 t の関数 $I_s(t)$ として求め、その概形を示せ。ただし、最初の電流零点においてアーク放電は消滅するものとする。



L : インダクタンス
 C : 静電容量
 R : 抵抗
 CB : 遮断器

図 2

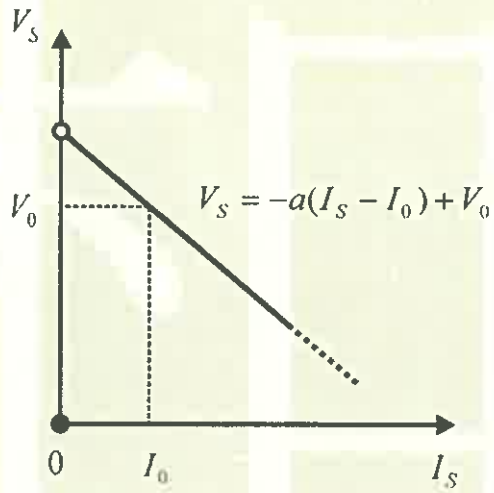


図 3

Problem F

A circuit breaker is a switch which isolates fault equipment from the electric power system by interrupting a large fault current in a short time. Figure 1 shows a schematic of an air circuit breaker. When the contacts are opened in air to interrupt a large current, an arc discharge is formed between the opened contacts and the current is not interrupted immediately. In the case of ac-current interruption, the arc discharge is extinguished and the current is interrupted at the current zero-crossing point, if the contacts are apart sufficiently long at that time. Answer the following questions.

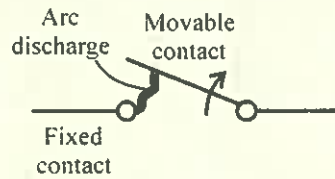


Fig. 1

- (1) Arc discharge and glow discharge are sustained discharges. Explain the feature of each discharge from the viewpoint of electron emission and ionization processes in a few lines.
- (2) Except for the above mentioned air, what are used to extinguish the arc discharge in circuit breakers in electric power systems? Explain also the reasons in a few lines.

In the case of dc-current interruption, an additional circuit is required since there is no current zero-crossing point. Figure 2 shows an example of such a circuit where an inductance L and a capacitance C are used in addition to a circuit breaker CB. R is the resistance of the lead wire of the circuit. This circuit can produce a divergent oscillating current to create current zero-crossing points. At the initial condition, the circuit breaker is closed and dc current I_0 flows through it. At $t = 0$, the contacts in the circuit breaker are opened and an arc discharge bridges between them immediately. Answer the following questions.

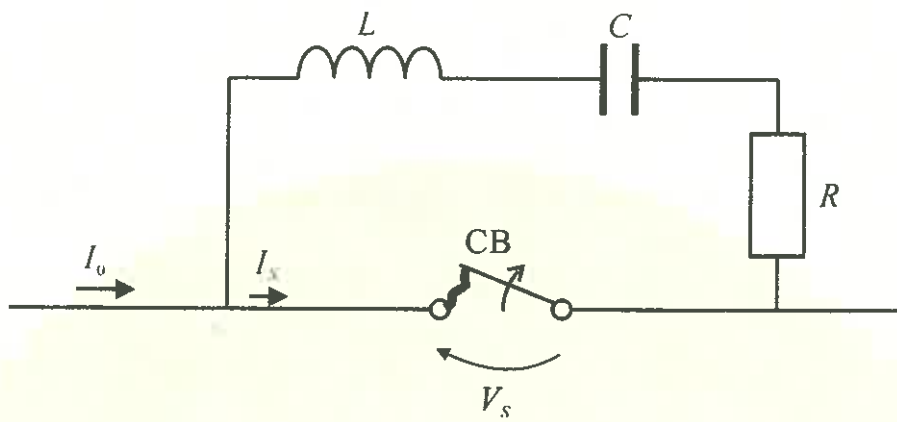
- (3) Let the current flowing through the circuit breaker be I_s , and the voltage drop due to the arc discharge be V_s . Derive the circuit equation which I_s satisfies.
- (4) While the arc discharge is maintained, a linear relationship expressed by Eq. (i) with a negative slope holds between V_s and I_s as shown in Fig. 3.

$$V_s = -a(I_s - I_0) + V_0, \quad (i)$$

where $a > 0$.

Find the condition for I_s to have a divergent oscillation form. It is assumed that V_s is kept positive for the range of the current I_s supposed in this question.

- (5) Find the expression of $I_s(t)$ as a function of time t under the condition of Question (4), and sketch the graph of $I_s(t)$. Suppose that the arc discharge is extinguished at the first current zero-crossing point.



L : inductance
 C : capacitance
 R : resistance
 CB : circuit breaker

Fig. 2

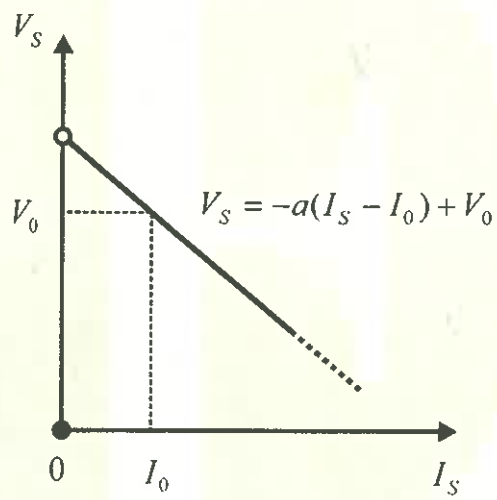


Fig. 3