

1

「変圧器のうなり音（ブーン〜〜〜）」に おく 臆することなかれ！

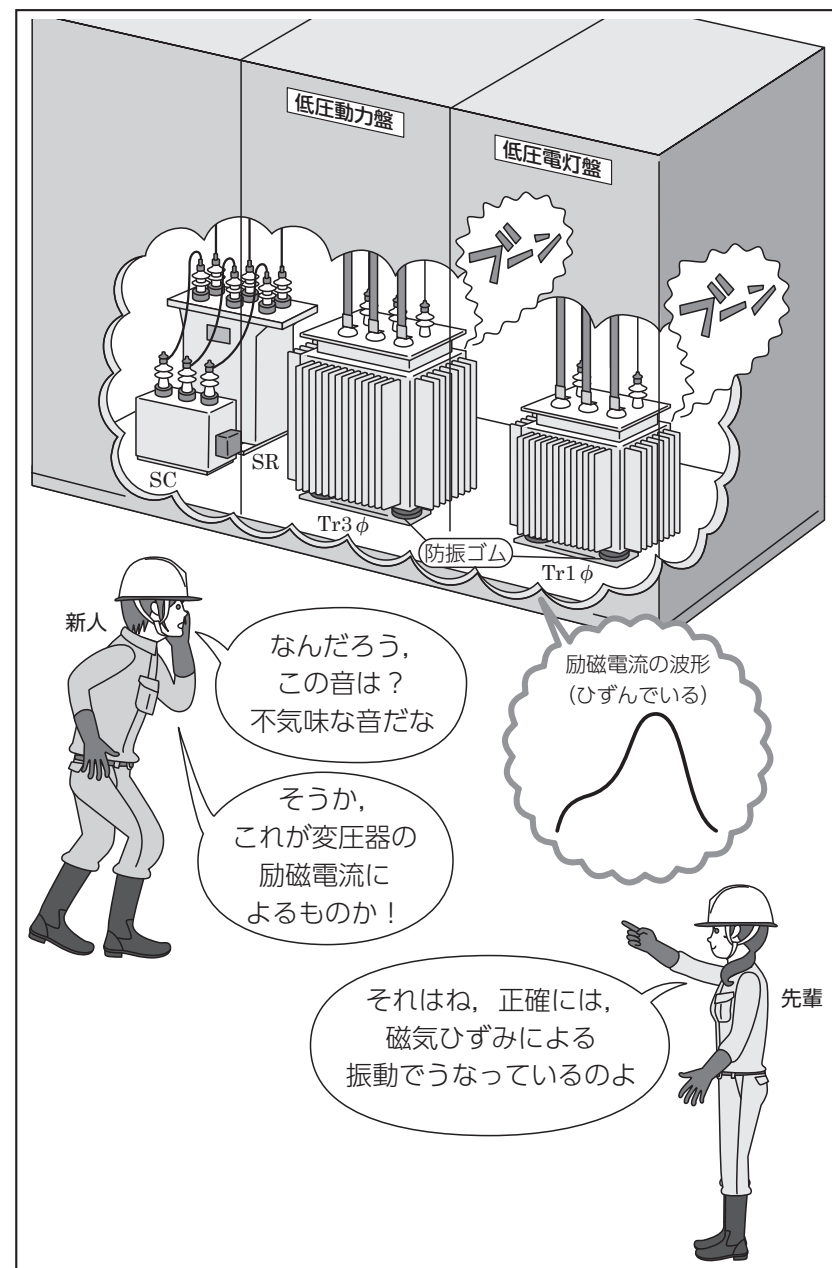
新人が、先輩と初めて変電所に入ったときのことである。なんと大きな「ブーン」という音がするではないか。不気味な音である。それは、キュービクルから発していた。「先輩、あれは何の音ですか？」「大丈夫だから、もう少し近づいてごらん」おそろおそろキュービクルに近づいてみると、低圧電灯盤と低圧動力盤の中にある、変圧器からの音であることがわかった。

先輩が言った。「変圧器は、巻線に電圧を誘起するために磁束を必要とするからね。この磁束をつくるために、一次巻線に励磁電流が流れているのよ。この励磁電流に伴う、鉄板（けい素鋼板）の磁気ひずみによる振動が、うなり音の主な要因よ。磁気ひずみとは、鉄板を磁束が通ると鉄板が磁束の通る方向に伸びる現象よ。交流磁束を加えた場合、この伸びは時間的に変化するので、機械的な振動を発生するのよ」「はい、むずかしいけど大体わかりました」

新人は、うなり音の原因がわかってからは、変電所ではこんな音は当たり前として、あまり気にならなくなった。「でも日常巡視点検では、このような音にも変化はないか、注意深く観察する必要があるのよ。また、このうなり音の原因である、振動を低減しなければならない。その対策として、振動が変圧器外部に伝わらないように、下部に防振ゴムを施しているわけなの」

その後の経験で、大容量の変圧器は、さらに大きな音を発することもわかった。また、年1回の定期検査が終わり受電後、変圧器を操作レバーで投入したときは、瞬時的に先の何倍もの大きな音がすることも経験した。これがいわゆる「励磁突入電流」に起因する音だということも理解した。

新人は、机上の学問だけではわからない現象が、現場には存在することを肌で感じたのである（第1図参照）。



第1図 変圧器のうなり音

2

「変圧器がB種接地されていても地絡にならない」 その謎を解く！

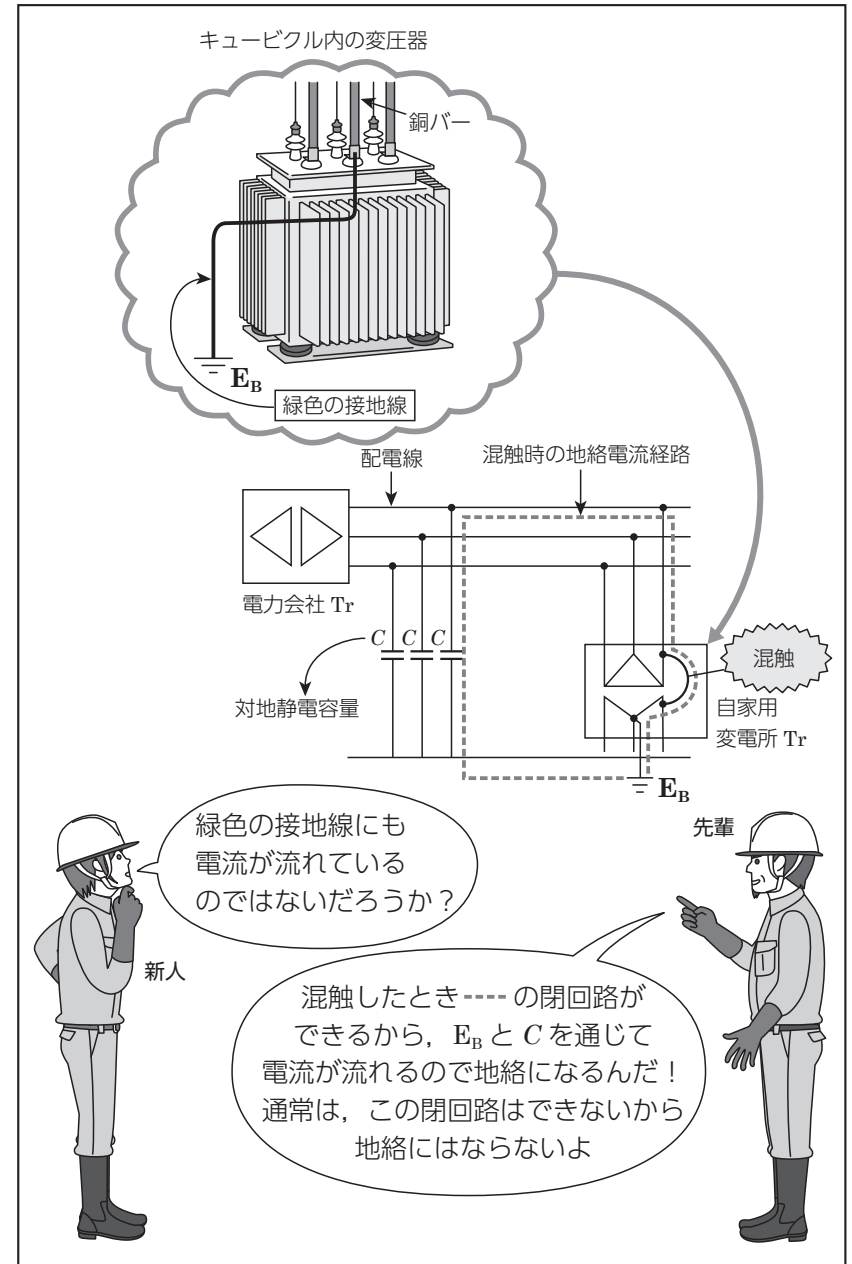
キュービクル内にある変圧器から、上部の低圧母線へつながっている銅バーと緑色の電線に関する疑問である。

よく観察すると変圧器は、単相変圧器も三相変圧器も、その低圧側には、3本の銅バーがあり、真ん中の端子（中性相）には、緑色の電線が銅バーと一緒に接続されている。「銅バーには負荷電流が流れているはずだし、この緑色の電線にも電流が流れているのではないだろうか？ もしそうならば、緑色の電線は接地されているのだから、これは地絡状態ではないだろうか？」しかし、どの変圧器も特に異状な状態は見受けられず、普通に運転している。こんな謎めいた疑問を抱いたので、先輩に質問することにした。

先輩によると、「この緑線は、いわゆるB種接地線なんだ。B種接地工事については、電気設備技術基準・解釈第17条に規定されている。高圧側と低圧側が混触した場合、低圧側の電位が上昇し、低圧機器の絶縁破壊による火災や感電を防止しているのだ。具体的には、自家用変電所の変圧器が混触した場合、高圧側の電流をB種接地線を経由して、電力会社配電線の対地静電容量（C）との閉回路を通して逃がしているのだ。このようにB種接地を施す目的は、低圧への影響を防ぐことにあるんだ」

「変圧器にB種接地を施しても、通常状態では一次側と二次側は、絶縁されているため、閉回路はできないから電流は流れない。電流は、閉回路ができて初めて流れるんだ。通常は、この閉回路はできないので、地絡にはならないというわけだ」

その後、先輩から聞いた閉回路の解説のことを自分でも調べてみようとしたが、そのような解説は、どこにも見当たらなかった。先輩のこの謎解き話は、実に貴重なものだとつくづく実感したのである（第2図参照）。



第2図 変圧器のB種接地では地絡にならない理由

3

変圧器の励磁回路の正体を解明する ……鉄損一定の理由も明快に！

第3図のように、回路によって取り囲まれた面を鎖交する磁束の変化率に比例して起電力が生じる現象を「電磁誘導の法則」という。

起電力を e 、磁束を ϕ 、回路の巻数を N とすると、次式で表すことができる。

$$e = -N \frac{d\phi}{dt}$$

上式から、起電力が発生するためには、磁束 ϕ が時間的に変化しなければならない。この磁束発生に関わっているのが、励磁電流である。解析の便宜上、無負荷状態とし、変圧器の一次側に交流電圧 V_0 を印加すると、励磁電流が流れ、磁束が発生する。

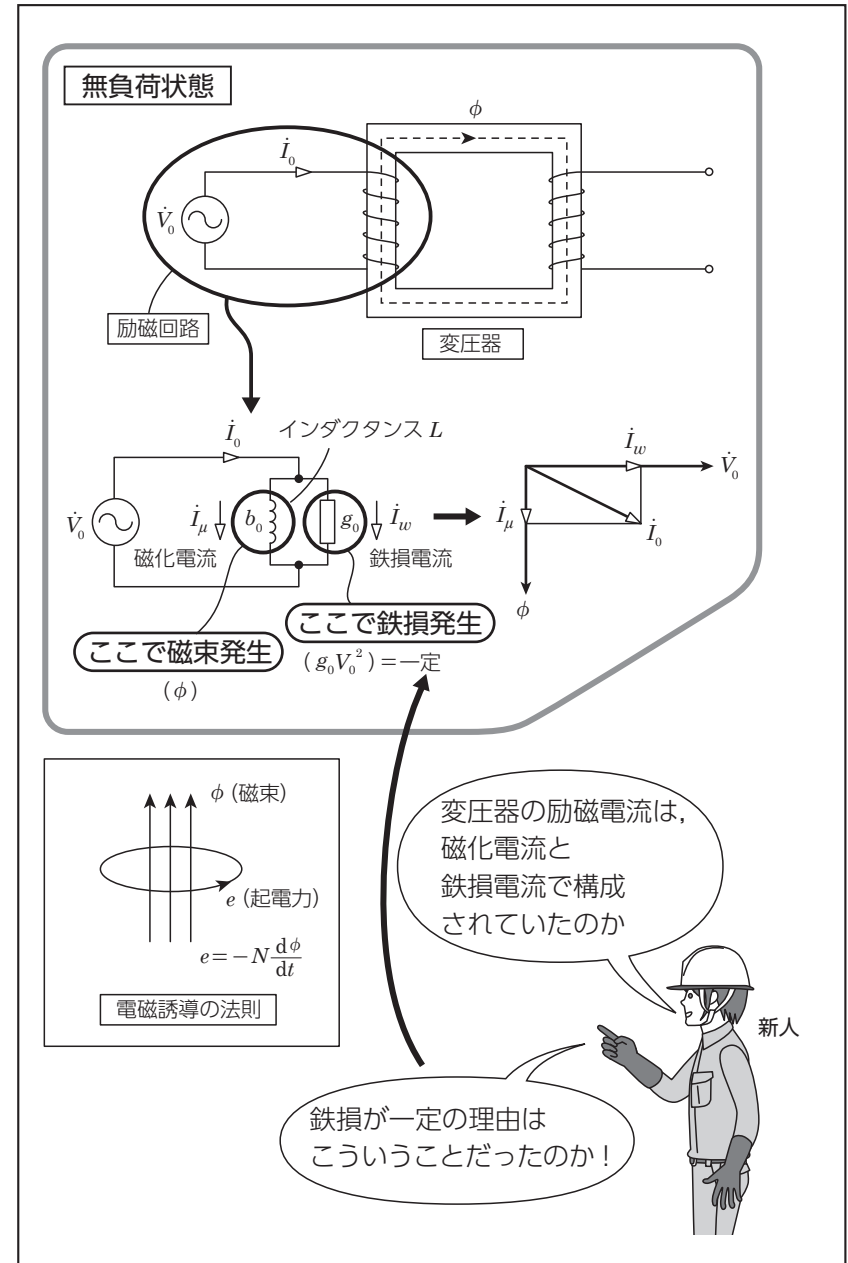
この電流は、遅れ電流である。鉄心と巻線により、いわゆるインダクタンスが形成されるためである。このインダクタンスを L とする。このインダクタンス L は、変圧器の一次巻線と並列に接続された励磁サセプタンス b_0 と考えてよい。磁束を形成するために励磁サセプタンス b_0 を磁化電流 I_μ が流れることになる。一方、鉄損のための有効電流（鉄損電流） I_w を必要とするが、この I_w は励磁コンダクタンス g_0 を流れることになる。したがって励磁電流 I_0 は、

$$I_0 = (g_0 - jb_0)V_0 \quad \left(\frac{1}{j\omega L} = -jb_0 \right), \quad I_0 = I_\mu + I_w$$

となる。

鉄損電流 I_w により発生する鉄損は、変圧器に電圧を印加すると、負荷の有無に関係なく発生し、かつ一定である。電験の問題にも頻出している事項である。

鉄損は、励磁回路のコンダクタンス g_0 によって発生する。したがって、一次電圧 V_0 が一定ならば、 g_0 にかかる電圧も一定であるため、その損失である $g_0 V_0^2$ 、つまり鉄損は一定となるのである。



第3図 変圧器の励磁回路の正体