

非常用ディーゼル発電機受電遮断器での HEAF 発生による短絡電流の減衰挙動について

1. 概要

本資料は、非常用ディーゼル発電機受電遮断器での HEAF 発生による短絡電流の減衰挙動について非常用ディーゼル発電機の特性を踏まえて、代表として美浜 3 号機を例に補足説明するものである。

2. 短絡電流の減衰挙動について

非常用ディーゼル発電機受電遮断器での HEAF が発生した場合は、図 1 及び図 2 に示すとおり非常用ディーゼル発電機から事故点である非常用ディーゼル発電機受電遮断器へ短絡電流が流れる。その際、保護継電器（今回追設する 50 保護リレー）が動作し、非常用ディーゼル発電機停止及び消磁コンタクタを投入する。



図1 電流供給停止時間に含まれる誤差の考え方

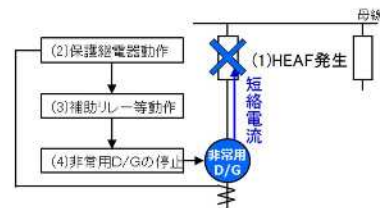


図2 遮断器開放までの流れ

非常用ディーゼル発電機からの短絡電流の減衰挙動については、図 3 に示すように、非常用ディーゼル発電機の特性和して、文献（新田目 倅造『電力系統技術計算の応用』（1981）、P.84～P.88）に基づく一般的な以下の①及び②の算出式を用いて計算できる。この式に用いた記号は表 1 のとおりである。

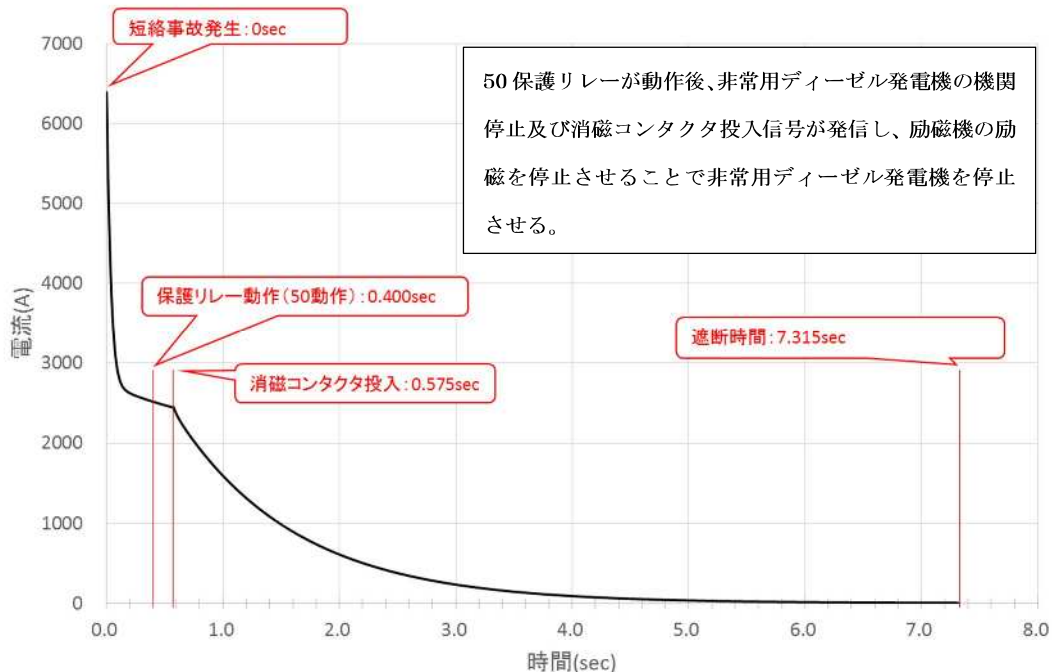


図3 非常用ディーゼル発電機受電遮断器において HEAF が発生した場合の
アーク電流の減衰（美浜 3 号機）

① 消磁コンタクタ投入前の三相突発短絡電流

$$I_{rms1} = \sqrt{I_{ac1}^2 + I_{dc1}^2}$$

$$I_{ac1} = I_d + (I_d' - I_d)e^{-\frac{t}{T_d'}} + (I_d'' - I_d')e^{-\frac{t}{T_d''}}$$

$$I_{dc1} = -\sqrt{2}I'' \cos \alpha \times e^{-\frac{t}{T_{dc}}}$$

② 消磁コンタクタ投入後の三相突発短絡電流

$$I_{rms2} = \sqrt{I_{ac2}^2 + I_{dc2}^2}$$

$$I_{ac2} = I_d' e^{-\frac{t}{T_d'}} + (I_d'' - I_d') e^{-\frac{t}{T_d''}}$$

$$I_{dc2} = -\sqrt{2}I'' \cos \alpha \times e^{-\frac{t}{T_{dc}}}$$

表 1 短絡電流算出式に用いた記号一覧

記号	説明
I_{rms}	短絡電流の実効値
I_{ac}	短絡電流の交流分の瞬時値
I_{dc}	短絡電流の直流分の瞬時値
I_d	短絡電流持続電流
I_d'	短絡電流交流分の過渡電流
I_d''	短絡電流交流分の初期過渡電流
T_d'	短絡電流交流分の過渡時定数
T_d''	短絡電流交流分の初期過渡時定数
T_{dc}	短絡電流直流分の時定数
α	短絡瞬時の電圧の位相角

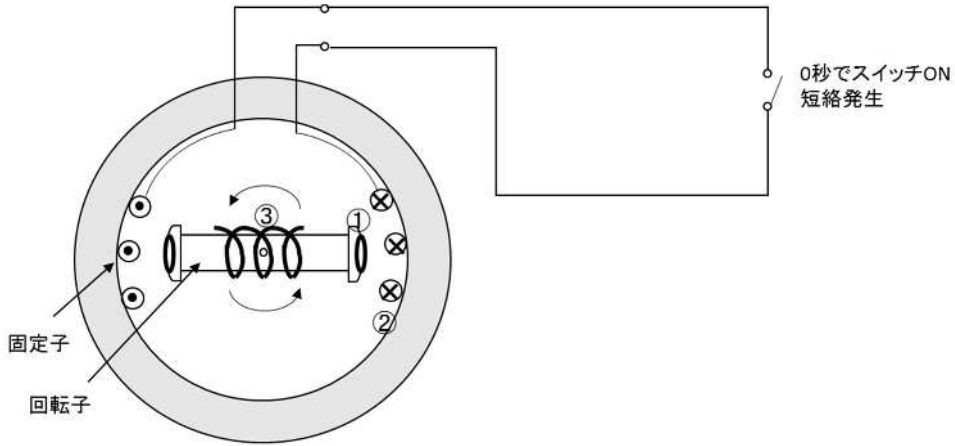
2. 非常用ディーゼル発電機の短絡電流の減衰挙動特性について

短絡事故時における非常用ディーゼル発電機の短絡電流挙動については、上記に示すとおり一般式により示される。なお、一般的な短絡事象と短絡事故が発生した際の非常用ディーゼル発電機の特性の詳細は以下のとおり。

- ・ 短絡事象とは、オームの法則より電流は電圧を抵抗値で割ったものであり、短絡により抵抗値が極端に小さくなることから、短絡事故発生時に大きな短絡電流が流れることである。
- ・ 非常用ディーゼル発電機の特性としては、短絡事故発生時に大きな短絡電流が流れるが、非常用ディーゼル発電機自体のリアクタンス（抵抗分）が短絡発生から時間の経過とともに大きくなり、短絡電流が減衰する特性がある。また、消磁コンタクタが投入されることで、短絡電流持続電流 I_d （過度段階以降の同期インピーダンスにより算出される短絡電流）は②式により減少し、図3のとおり減衰挙動を示す特性がある。

【補足説明】

以下に短絡電流の減衰の挙動について補足する。



発電機の内部構成図(3相のうち1相分を記載)

- I_{d1} : ①の磁束による誘起電圧で流れる電流
- I_{d2} : ②の磁束による誘起電圧で流れる電流
- I_{d3} : ③の磁束による誘起電圧で流れる電流
- ①制動コイル: 負荷電流急変時に瞬間的に回転磁束の急変を防止(補償)する磁束を供給する。
- ②固定子コイル: 回転子コイルの磁束の変化で誘起電圧を発生する。負荷電流急変時の磁束を抑制する磁束を発生する。
- ③回転子コイル: 励磁回路により回転磁界を発生させる。

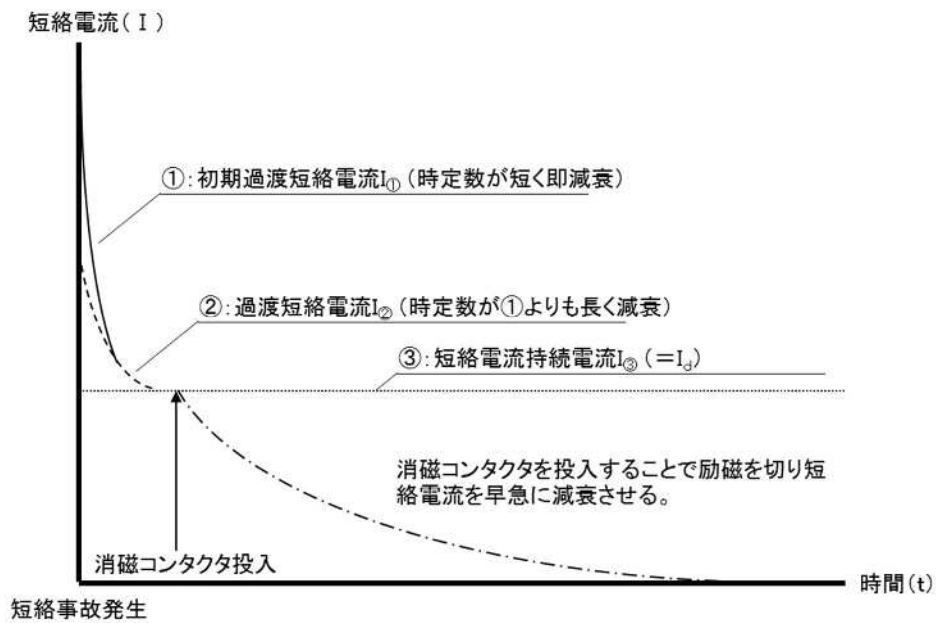


図4 非常用ディーゼル発電機の短絡電流の挙動説明図

交流発電機出力端子で短絡が発生した場合、まず大きな電流（初期過渡短絡電流という。）が流れる。これは図4の短絡事故発生直後の状態であり、発電機内部にあった電磁エネルギーが事故点に向かって一気に放出される。

その時点から発電機内部の磁束の変化（①制動コイル及び②固定子コイルの各磁束は時間と共に減少、③回転子コイルの磁束は一定）により、電流は徐々に減衰していく。（図4の短絡事故発生から消磁コンタクタ投入までの間）。

なお、消磁コンタクタが投入されなかった場合は、短絡電流（図4の消磁コンタクタ投入前付近の電流値）が流れ続ける。（短絡電流持続電流という。）

今回のHEAF（DG）対策では、短絡電流から生じるアーク放電による火災を防止するため、保護リレー動作により電源側の遮断器を開放し、あわせて発電機の消磁コンタクタの投入により電気エネルギーの供給を停止するための電気インターロックを追加する。

【参考】

発電機の①制動コイルと③回転子コイルの配列とその役割について

非常用ディーゼル発電機内部の制動コイルの構造を図5に示す。制動コイルは、回転子の表面に導体（銅板）を打ち込み、これらを短絡環で接続した構造としている。

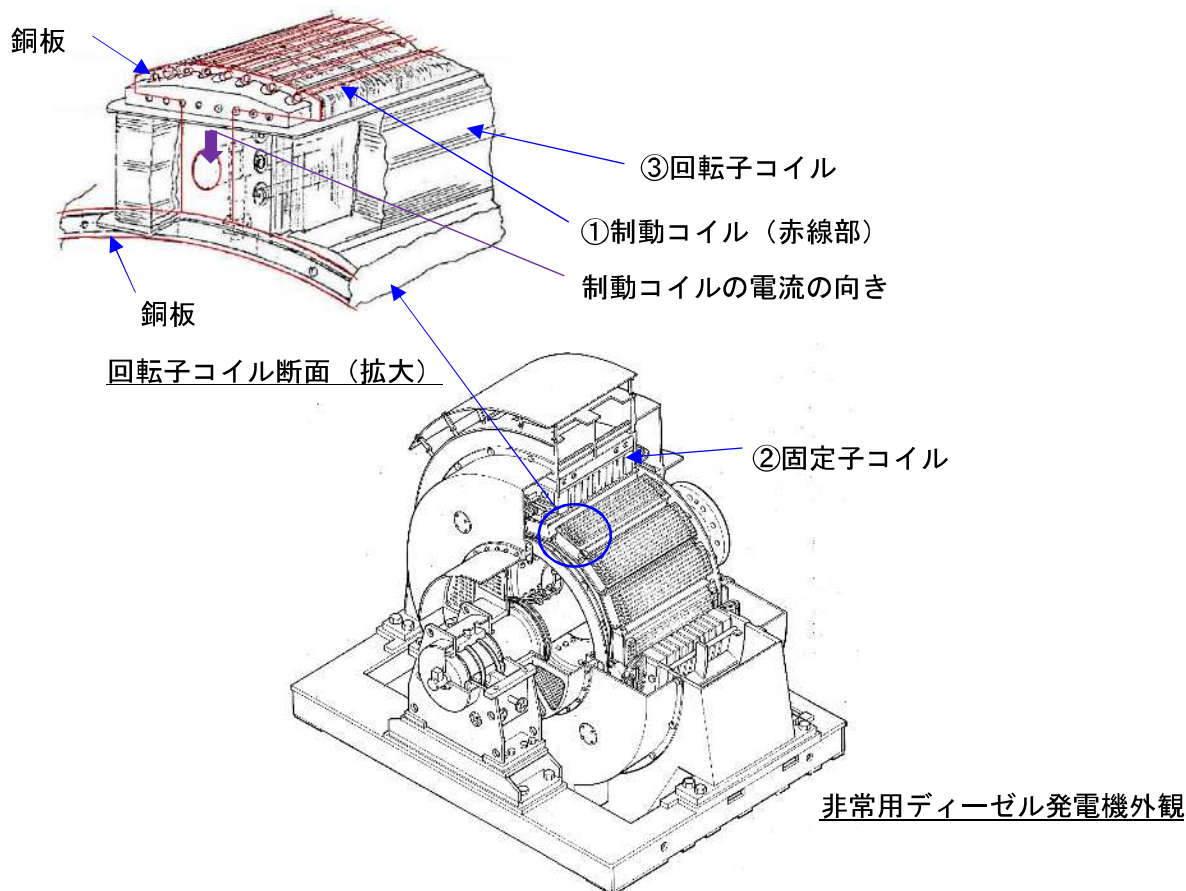


図5. 非常用ディーゼル発電機の制動コイル構造図

～制動コイルの機能～

- (1) 定常状態の発電機では、回転子から供給する磁束と固定子で発生する磁束はバランスがとれた（つり合った）状態で運転しているが、負荷の急変や系統事故等のじょう乱が発生した場合、発電機内部の磁束が急変し、正常な運転が継続できなくなるため、制動コイルは、磁束が急変した場合の磁束のズレ（アンバランス分）を吸収する役割をもっている。磁束のバランスが崩れた場合、それを補償するように制動コイルからの磁束が作用し、全体の磁束のバランスを保つようしている。
- (2) 発電機の端子出口ラインで短絡事故が発生した場合では、制動コイルは事故点に流れ込む初期過渡短絡電流の大きさに制動コイルがもつ電磁エネルギーが寄与することになる。

以上