

電気鉄道における「き電・変電技術 Q&A 集」 正誤表 (R3.11)

項目	行	誤	正
Q1-8	上の図	<ul style="list-style-type: none"> ・ a, b, c ・ ic の矢印の位置がずれている ・ $I_a + I_b + I_c = I_g = 3I_o$ 	<ul style="list-style-type: none"> ・ I_a, I_b, I_c ・ 正しい位置は 51T リレーの下 ・ $i_a + i_b + i_c = i_g = 3i_o$
	中央の図	式 $1/3 \times i_g = i_o$	式 $1/3 \times i_g = i_o$
Q1-13	図 1-3		図 1、図 2、図 3 が薄くて見えないため、別紙 1 に差し替え
Q2-1	10	D 種定格	クラス D (D 種) 定格
Q2-4	9	$V64P=1500-V_a \times \dots$	$V64P=(1500-V_a) \times \dots$
Q2-5	27	配線略図 2……	配線を図 2……
Q2-8	12 19	<ul style="list-style-type: none"> ・ ……電流変化が生じます。 ・ この対策として、ウインド形の 50F では負荷電流変化を無視することで、セクション通過時の 50F の不要動作を避けています。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ ……電流変化が同時に生じます。 ・ 50F はセクション補償回路により、負の ΔI を求めて 50% 値を正方向の回線の ΔI から差し引くことで、50F の検出感度が自動的に 50% になり、セクション通過時の 50F の不要動作を避けています。
Q2-11	2	・ ……行う方法は大きく、……	・ ……行う方法は……
Q2-20			直流遮断器の新 JIS が 2010 年に発行のため、別紙 2 に差し替え (JIS E2501-2:2010)
Q3-10	表 1		表 1 「き電回路の直流抵抗例」の表の下欄 (レールは 50N で 0.0409 Ω /km)
Q3-12	図 1	・ 数 Ω ~ 数十 Ω /km	<ul style="list-style-type: none"> ・ 数 Ω ~ 数十 $\Omega \cdot km$ ・ レール中の太い左向きの矢印は削除
Q4-1	5 23	<ul style="list-style-type: none"> ・ ……その解釈第 260 条で、…… ・ ……することがあります 	<ul style="list-style-type: none"> ・ ……その解釈第 212 条で、…… ・ ……することがあります。
Q4-4	図 1	$W \angle \infty$	$W \angle \theta_L$
Q4-5	下 4	短絡強度については、規格上記述があるのは 25 倍ですが、変電所直下での短絡事故を考慮し 35 倍も使用されています。	短絡強度については、一般の変圧器の規格 JEC2200 では 25 倍ですが、AT は旧 JRS 32101-3E-14AR6B で、変電所直下での短絡事故を考慮して、25 倍に加え 35 倍も使用されています。
Q4-9	図 1, 2	図 1…… 図 2……	図 1…… (三相用) 図 2…… (三相用)
Q4-10	16	3) 比率作動継電器……	3) 比率差動継電器……
Q4-12	1 下 2	<ul style="list-style-type: none"> ・ ……比率作動継電器(87T)を…… ・ 位相短絡時…… 	<ul style="list-style-type: none"> ・ ……比率差動継電器(87T)を…… ・ 異相短絡時……

Q4-13	タイトル 22、 25 下 5、4 図 1	<ul style="list-style-type: none"> ……、比率作動継電器の…… ……比率作動継電器(87T)の…… ……比率作動継電器を…… ・ $i_1=i_2$ i_1-i_2 図 1.比率 作動 継電器の原理図	<ul style="list-style-type: none"> ……、比率差動継電器の…… ……比率差動継電器(87T)の…… ……比率差動継電器を…… ・ $i_1=i_2$ i_1-i_2 図 1.比率 差動 継電器の原理図
Q4-14	11 12 16	<ul style="list-style-type: none"> ……時間要した…… ……北陸新幹線で実用化…… ……保護護継電器…… 	<ul style="list-style-type: none"> ……時間を要した…… ……北陸新幹線等で実用化…… ……保護継電器……
Q5-2	15	……前述の式に AT 区間の膨らみを考慮した電圧降下を加算すると、 k 番目の負荷点電圧は……	……前述の電圧 V_k の式に AT 区間の膨らみを考慮した電圧降下を加算すると、 変電所から n 番目の負荷点電圧は……
Q5-5	3 下 15 下 11 図 1	<ul style="list-style-type: none"> ……トロリ線電流から…… ・ (2) NF 断線時の電位 ……通常通り走行できます。 	<ul style="list-style-type: none"> ……NF 自身の電圧降下とトロリ線電流から…… ・ (2) NF 断線時の電位 (Q5-17 参照) ……通常通り走行できますが、早めの対応が必要です。 ・ 吸上変圧器(BT)の NF(帰線)側と同様にトロリ線側にも避雷器がある
Q5-8	11	……埋設導体に……	……埋設導体 (貫通接地) に……
Q5-9	11	……80%と低 く かったが、……	……80%と低かったが、……
Q5-9 (続き)	1	(SrC : Series Capacitor)	(SrC : Series Capacitor)
Q5-12	27	……誘導電 圧 は、……	……誘導電 流 は、……
Q5-15	図 3		図 3 電流経路 (トロリ線地絡)
Q5-16	5	……構造物間に 碍子 ……	……構造物間に がいし ……
Q5-17	下 1	⑤ AT1 ~AT4 間の故障……	⑤ AT2 ~AT4 間の故障……
Q6-1	23	……CV が破壊され……	……CV (架橋ポリエチレン) が破壊され……
Q6-2	図 1		上から右回りに R S T 相を記入(4 箇所)
Q6-4	下 2	……定格電流は 500kVA を選定……	……定格電流は 上位 の 500kV を選定……
Q6-7	図 1 下 11	<ul style="list-style-type: none"> ・ PT ・ GPT (旧記号) ・ 接地型計器用変圧器 (GPT) (旧記号) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ VT ・ EVT ・ 接地形計器用変圧器 (EVT)
Q6-8	11 他	掛けるが「 x 」	× (10 箇所)
Q6-12	下 8	……1 経路しか ない ため……	……1 往復で 2 倍 の Z になるので……
Q6-13	下 1	I_g の式中： ZT	Z_T
Q6-15	下 11 下 6	<ul style="list-style-type: none"> ・ 被害者機器側での対策 ……洩れリアクタンス…… 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 被害機器側での対策 ……漏れリアクタス……
Q7-1	図 1 31 図 3	<ul style="list-style-type: none"> ・ 図 1 独立接地 ・ 絶縁変圧器…… ・ □ (機器の右側の箱) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 図 1 単独接地 ・ 絶縁変圧器 (IT) …… ・ □ 遠制機器

Q7-2	6	…… (接地抵抗値は 10Ω以下) ……	…… (接地抵抗値は 10Ω以下 など) ……
Q7-6	7	……電車線路用避雷器……	……電車線路用 直列放電ギャップ付き 避雷器……
Q7-8	19	…… 稼働 ブラケット……	…… 可動 ブラケット……
Q7-9			
Q7-13	9,10 14	……JIS 61024 (建築物等の雷保護)…… ……印加さる……	……JIS A4201 (建築物等の雷保護)…… (2箇所) ……印加 される ……
Q7-16	表 1	推定短絡電流	推定短絡電流 ※5
		定格遮断容量	定格遮断容量 ※4
	下 11	※3 : …… …「定格カットオフ電流」と呼んでいます。	※3、※4、※5 : …… … ※3 「定格カットオフ電流」、 ※4 「 定格短絡遮断容量 」、 ※5 「 定格短絡電流 」と呼んでいます。
Q10-1	図 2(a)	入→	入→ 切

Q 1-13 : 受電の系統により、地絡過電流継電器と地絡方向継電器、過電流継電器、短絡選択継電器を使い分けていますが、各継電器の具体的な内容を教えて下さい

A : 受電系における地絡過電流継電器、地絡方向継電器、過電流継電器、短絡選択継電器について下記のとおり解説します。

(1) 地絡過電流継電器

特高主回路系で発生した地絡電流を検出する装置です。変電所の受電設備において、一般的に多く設置されています。

整定値を検討するにあたっては、その系統における1線地絡電流の値を電力会社から取り寄せ、受電設備に設置する変流器の変流比と合わせて検討する必要があります。多くは3CTで零相電流を抽出する結線となりますが(図1)、1線地絡電流値が低く整定値設定範囲に収まらない場合、零相変流器(ZCT)の設置と合わせ、より整定値の下限値範囲が広い高感度形の保護継電器を採用することとなります(図2)。

地絡過電流継電器の整定値設定範囲内に収めようと安易に変流比を変更すると、過電流継電器、短絡選択継電器の整定ができなくなる場合もあるため注意が必要です。

(2) 地絡方向継電器

地絡電流を検出するところは地絡過電流継電器と同じですが、地絡電流の方向性を検出し事故回線と健全回線の判別をできることから、自営送電線系統のように特高母線が多方面に接続されている変電所に多く設置されています。(図3)

地絡方向継電器は零相電流と零相電圧の位相を検出して事故回線の判別を行うことから、地絡方向継電器を設置する場合は、併せて零相変流器(ZCT)と零相変圧器(EVT)の設置が必須となります。

(3) 過電流継電器及び短絡選択継電器

過電流継電器は過負荷による電流値の増加を監視し、定格電流を超える電流が発生した場合に、その電流値の大きさに反比例する早さで検出(反限時)する装置です。

短絡選択継電器は短絡電流による瞬間的な大電流(電流値)の上昇を監視し、契約最大電力の500~1500%の電流を検出して短時間で検出(定限時)する装置です。

この保護継電器の受電系統における使い分けの考え方としては、以下のように分けられます。

【過電流継電器】

変電所全体の過負荷電流を検出し機器を保護

【短絡選択継電器】

受電点から変成器用遮断器1次側の間で発生する短絡電流から機器を保護

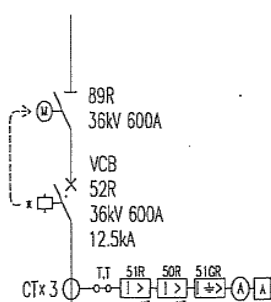


図1. 3CTの場合

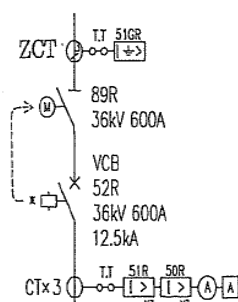


図2. ZCTの場合

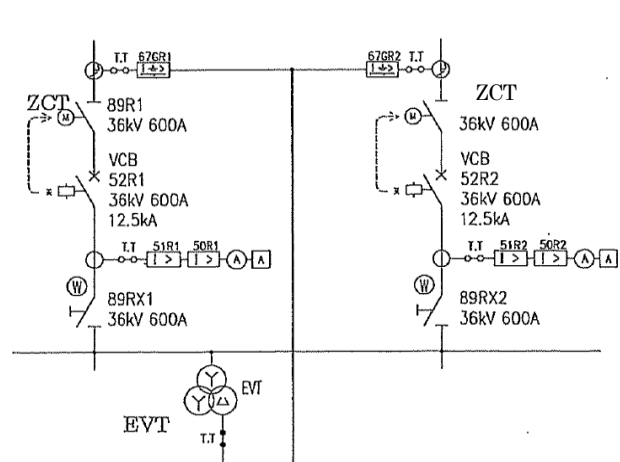


図3. 地絡方向継電器設置時の結線

Q 2-20 : 直流高速度遮断器には定格短絡遮断容量（定格遮断容量）がありますが、実際の短絡電流とは異なるのでしょうか。教えてください。

A : 直流高速度遮断器には、定格電流や定格電圧と同じように定格短絡遮断容量（旧 JEC : 定格遮断容量）という定格があります。この定格短絡遮断容量と短絡電流を比較してみます。

(1) 定格短絡遮断容量

定格短絡遮断容量は、定格電圧及び既定の回路条件(Q7-16 参照)のもとに、規定の標準動作責務と動作状態に従って遮断しうる遮断容量の限度をいい、定格短絡電流（旧 JEC : 推定短絡電流）をもって表します。短絡電流が定格短絡遮断容量以上の場合、遮断器は遮断不能となる可能性があるため、遮断器を選定する際には、当該の回路に推定される最大の短絡電流値を検討し、その値以上の定格短絡遮断容量を有するものを選ぶ必要があります。

(2) 短絡電流の最大値

IEC 62589（鉄道用定置型整流器グループの試験等）では、整流器グループ（整流器用変圧器と整流器、および周辺機器）としての電圧-電流特性カーブが示されており、図 1 のようなカーブとなっています。なお、Q2-16 の等価内部抵抗 R_0 は使用していません。

また、短絡電流最大値の算出方法も示されており、6 パルスおよび並列 12 パルス（但し整流器用変圧器はスプリット巻き）整流器グループの短絡電流最大値を求める式は下記となります。

$$\text{短絡電流最大値} = \text{定格電流} \times (1 / \text{変圧器の} \%X) \times (2 / \sqrt{3}) \times 100 \quad (\text{A})$$

1500V・6000kW・直流電圧変動率 8%の整流器グループの場合、整流器用変圧器の% X は、

% $X \approx \%Z=12.5\%$ 程度であり、かつ定格電流は 4000A なので、短絡電流最大値は

$$I_m = 4000 \times (1 / 12.5) \times (2 / \sqrt{3}) \times 100 \approx 36900 \quad (\text{A})$$

(3) 直流き電回路の短絡電流

実際に短絡事故が発生した場合、瞬時に I_m には達しません。これは、急激に変化する事故電流に対しては自己誘導作用により電流の変化を阻止するような起電力を誘起させる自己インダクタンス L が影響するためです。したがって、自己インダクタンス L も考慮した R-L 直流回路の過渡現象の電圧・電流を考えなければいけません。一般に R-L 直流回路の短絡電流は、次式により示されます。

$$i_s = \frac{V_0}{R_0} \left(1 - e^{-\left(\frac{R}{L}\right)t} \right) \quad t: \text{短絡開始からの時間, } e: \text{自然対数の底, この式から } t = \infty \text{ のときには } i_s = V_0 / R_0 \text{ となり最終的には定格短絡電流 } I_m \text{ と短絡電流 } i_s \text{ は等しくなります。また、短絡電流 } i_s \text{ の電流増加率は } t = 0 \text{ のときに最大となり、(電流増加率) = } E / L \text{ で求まります。}$$

この電流増加率を直流高速度遮断器においては突進率といいます。電磁保持式の場合には、この突進率を検知（選択特性）して、目盛に至る前に遮断器が動作して短絡電流を遮断します（選択特性については Q2-19 を参照）。高速度限流遮断器の遮断特性は、JIS E 2501-2:2010 に規定されており、国際規格(IEC)に準拠した H_1 では、開極時間及び遮断時間の限度を規定しており、定格短絡遮断容量と遮断電流はほぼ同等ですが、旧 JEC に準拠した H_2 では、定格短絡電流に至る前の定格カットオフ電流以下で遮断します。

(4) 定格短絡遮断容量が不足している場合

気中式直流高速度遮断器の定格短絡遮断容量が不足している場合、変電所近傍で短絡故障が発生してしまうと、遮断不能となる可能性があります。これは、気中式高速度遮断器は主電極に発生するアークを吹き消しコイルの磁力によって吹き上げ、アーク電圧を上昇させて電流を抑制して遮断する構造ですが、電流が過大となるとアーク電圧を上昇させても電流が十分に抑制できず、アークが継続して遮断不能となるためです。このため、十分な定格短絡遮断容量を有するものを選ぶ必要があります。

参考文献：(1)「電力概論 直流高速度遮断器」pp.47-59、日本鉄道電気技術協会、2010 年

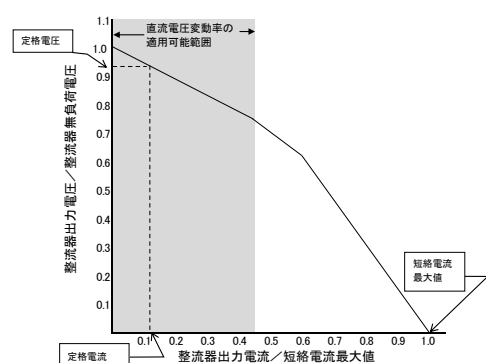


図 1 整流器グループ（整流器用変圧器＋整流器）の電圧-電流特性