



地絡方向継電器の形式による動作特性の差異について

貴社ますますご清栄の段お喜び申し上げます。

弊社製の高圧用地絡方向継電器（以降DGRと略記します）は、2種類の動作方式の製品をラインアップしております。それぞれの方式の差異についてご説明いたします。適用する系統に最適な方式の製品を選択して頂くための検討用資料として活用して戴けるよう宜しくお願いいたします。

1. 対象製品

検討対象としている動作方式は次の2種類の方式となります。

何れの形式ともJISC4609適合品です。

(1) $I_o - V_o$ 比較方式

形式：SHG-D□11（受電用）／SHG-D□21（分岐用）

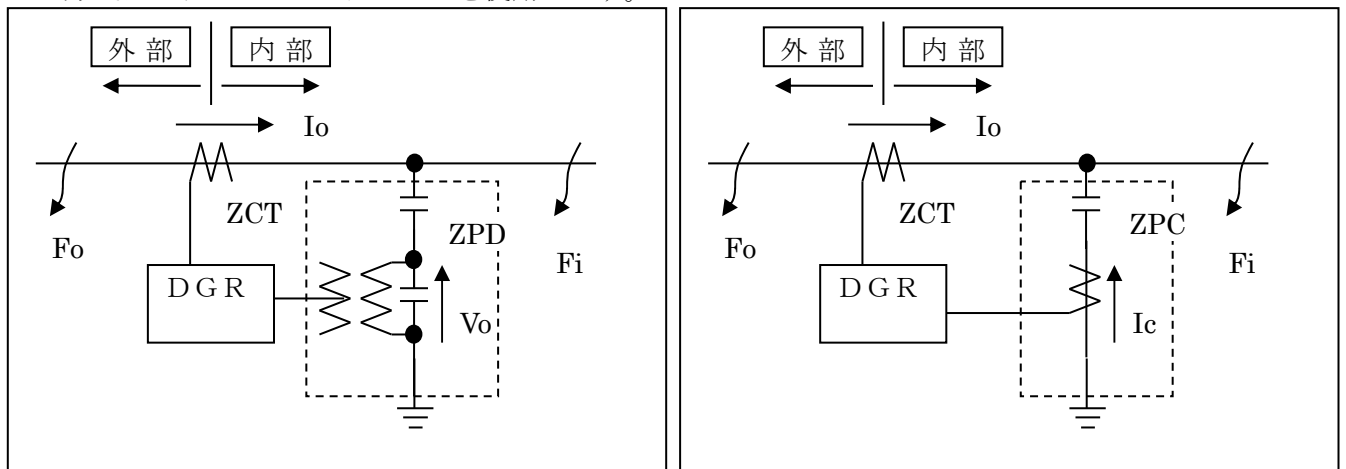
(2) 電流抑制方式

形式：SHG-DF3（受電用と分岐用の区別はなく、両用途に共通して適用可）

2. 動作特性の概要

(1) 設置方法

DGRを受電設備に設置する場合は、必要な電流量をDGRに導入するために、ZCTなどの付属設備が必要です。2つの方式の設置方法を図1aとbに示します。ZCTは共通ですが、方式によりZPDまたはZPCを使用します。



a. $I_o - V_o$ 比較方式

ZCTとZPDを使用し、 I_o と V_o をDGRに導入する。

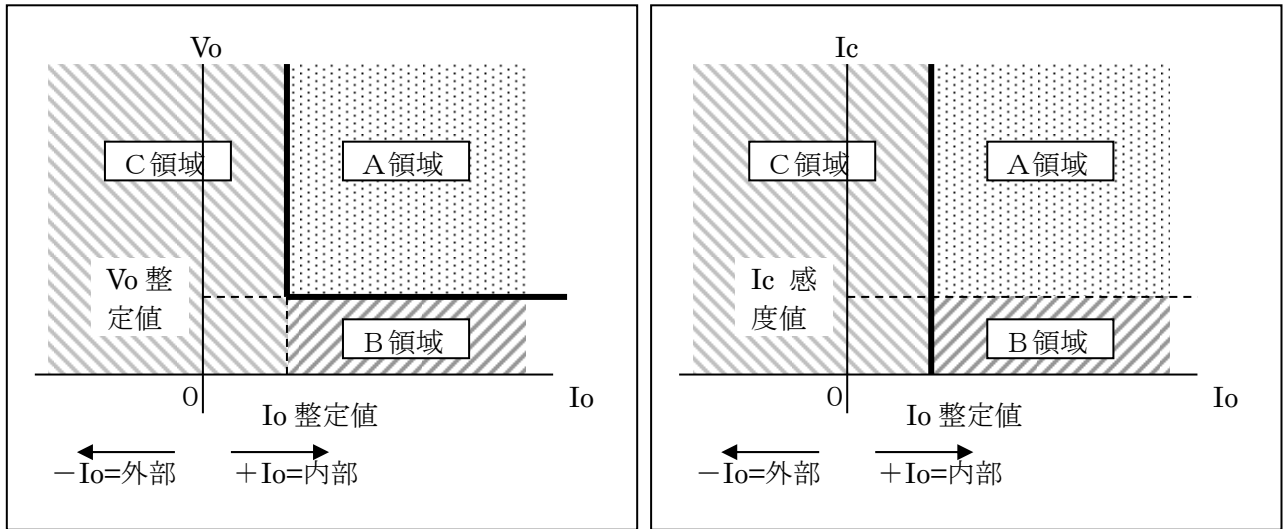
b. 電流抑制方式

ZCTとZPCを使用し、 I_o と I_c をDGRに導入する。

図1. DGRの設置方法

(2) 動作特性

動作特性グラフを図2 a と b に示します。この動作特性において、A～Cの3つの領域におけるDGRの動作可否をまとめると表1のようになります。ここでA領域とC領域では両方式の動作特性上の差異はなく、同様な動作特性となりますが、B領域での応動に違いが生じます。



a. $I_o - V_o$ 比較方式
A領域のみ方向判別により動作します

b. 電流抑制方式
A領域は方向判別により動作し、
B領域は無方向性で動作します

図2. DGRの動作特性

表1. 両方式の3領域における動作状況

領域	領域の説明	$I_o - V_o$ 比較方式	電流抑制方式	備考
A領域	I_o , V_o , I_c どれも十分な大きさがある地絡事故で、位相判定が行える内部事故	○	○	内部地絡事故の通常の動作を行える
B領域	I_o は大きい、 V_o , I_c が小さい領域の内部事故	× (注1)	○ (注2)	V_o , I_c が小さい時の内部地絡事故では、方式による差異が生じる
C領域	I_o が整定値以下またはマイナス (外部) 方向の外部事故	×	×	外部地絡事故は不動作となる。

○ : DGR動作
× : DGR不動作

(注1) 内部地絡事故であっても、 V_o が整定値以下では動作できない。

(注2) I_c が感度値以下の時は無方向性となるので、 I_o が整定値を超えれば動作できる。

(3) 両方式の差異の詳細（B領域の説明）

- ① $I_o - V_o$ 比較方式では、 I_o が整定値を超えて流れる内部地絡事故が発生しても系統の地絡電源容量の大きさによっては、 V_o が整定値電圧を超えないケースがあり得ます。そのようなケースがB領域に対応しますが、このDGRの特性上、 I_o が整定値を超える内部地絡事故であってもDGRは動作できません。
- ② 電流抑制方式では I_c の感度値以下のために、 I_o との位相判定は行わず、 I_o の大きさだけで動作します。無方向性の通常のGRと同じ動作となりますので、 I_o が整定値を超える内部地絡事故は全て動作可能です。

3. 適用上の留意点

(1) 通常の高圧系統での内部地絡事故

通常の高圧系統では、内部地絡事故発生時に I_o 、 V_o 共に整定値を大きく超えた電流量が生じることがほとんどのため、B領域に入ることは少なく、A領域にて動作判定を行いますので、どちらの方式のDGRを使用しても応動上の差異が生じることは少ないと言えます。

(2) 地絡電源容量の大きな系統

一方、地絡電源容量が大きい配電系統の場合は、 I_o の大きさが整定値を超える内部地絡事故時に、 V_o 電圧の発生が小さく、 V_o が整定値に達しないケースでは、 $I_o - V_o$ 比較方式のDGRは動作できませんが、電流抑制方式のDGRは無方向性となって動作可能です。具体的な地絡電源容量の大きさなどの詳細は添付資料1を参照して下さい。

(3) 外部地絡事故時のもらい事故応動

$I_o - V_o$ 比較方式の場合は、原理的にもらい事故の可能性はないので、特に考慮する必要はありません。電流抑制方式の場合は、特定の条件下では無方向性となることがあるので、もらい事故動作しないためのチェック項目があります。 I_o の整定値を 0.2 A とした場合、自電気設備内の対地静電容量の総和が $0.8\ \mu\text{F}/\text{相}$ 以下である必要があります。 $22\text{ mm}^2\text{ CV}$ ケーブルの場合では亘長約 2.9 km に相当することより、一般的には実用上考慮する必要はありません。詳細は添付資料2を参照して下さい。

4. まとめ

DGRにおける2つの方式について詳細の説明を行いました。ほとんどの地絡事故時における選択性能（内部地絡事故で動作し、外部地絡事故では動作しない）に差異はありませんが、地絡電源容量が大きい配電系統では内部地絡事故時の応動に一部差異が生じますので、機種選定に際してご留意頂きたいと思えます。

また、同一受電設備内でシリーズ構成（受電と分岐の様な構成）により地絡事故保護を行う場合は、異なる方式の継電器を使用すると感度限界付近の地絡事故時に感度協調が取れないことがあり得ることより、同一の方式の継電器をご使用頂くことをお奨めいたします。特に増設などの対応時にご配慮下さい。

添付資料1. 地絡電源容量の大きな系統におけるDGRの応動

—— $I_o - V_o$ 比較方式の地絡方向継電器の場合 ——

添付資料2. 電流抑制方式における適用上の確認事項

地絡電源容量の大きな系統におけるDGRの応動

—— I_o - V_o 比較方式の地絡方向継電器の場合 ——

1. 初めに

I_o - V_o 比較方式のDGR（形式SHG-D□11 / D□21形）では、内部地絡事故発生時にI_o電流は充分流れてもV_o電圧が低く、DGRが動作できないケースがあり得ます。その様な現象の詳細と実際の系統の値についてご説明いたします。

2. 現象の説明

地絡事故発生時のI_o電流とV_o電圧の関係は（1. 1式）（1. 2式）によります。

$$I_o = \sqrt{3 \times 2 \times \pi \times f \times C \times E} \quad (1. 1式)$$

ここで I_o : 地絡事故点に流れる電流
 f : 系統周波数
 C : 接続された配電系統の対地静電容量の総和
 E : 定格電圧 (6600V)

地絡事故時のV_o電圧の表現に変形すると

$$I_o = 3 \times 2 \times \pi \times f \times C \times V_o \quad (1. 2式)$$

ここで V_o : 零相電圧 完全地絡時は3810V 5%値は190V

（1. 2式）は一定のI_oが流れる場合、配電系統の対地静電容量の総和CとV_o電圧は反比例の関係にあることを示しています。通常のI_oの整定値0.2Aを基準に考えると、Cが2倍になれば、V_oは、1/2になります。これは、DGRが動作するI_o電流を流すために、「地絡電源容量が大きい」＝「系統の対地静電容量の総和が大きい」場合、V_oは小さい電圧でよいことを意味しています。内部地絡事故時にI_o=0.2A V_o=5%で有る場合の系統の対地静電容量の合計は、表1-1となります。

表1-1 I_o=0.2A V_o=5%における配電系統の限界値 <50Hzの場合>

I _o の大きさ (A)			配電系統の対地静電容量Cの合計 (注1) (μF/相)	配電系統の亘長 CVケーブル 100mm ² の場合 (0.47μF/相)
V _o =5% (190V)	V _o =30% (1143V)	V _o =100% (3810V)		
0.20	1.2	4.0	1.11μF/相	2.36km

（注1）対地静電容量の合計とは、電力会社の配電系統全体と、その系統に接続されている全ての需要家の対地静電容量の合算です。

CとV_oは互いに反比例の関係にあることより、表1-1の対地静電容量の合計を越えた系統に接続されている受電設備では、整定値を超えるI_o電流が流れる内部地絡事故発生時にV_oの発生が5%未満になることがあります。

I_o - V_o 比較方式のDGRでは、I_o、V_oがともに整定値以上で有る場合に動作可能であることより、V_oが整定値未満の地絡事故の場合、事故点が内部であってもDGRとしては動作できないこととなります。

3. まとめ

I_o-V_o比較方式のDGRでは、配電系統の対地静電容量Cの合計が大きい系統に接続された受電設備において、I_oが整定値を超えてもV_oが整定値未満で有るとDGRとしては内部地絡事故であっても動作できないことがあります。その限界値はV_o=5%における状況で考えると配電系統の亘長の限界は僅か数kmと非常に短いことになります。ただし、DGRが動作すべき内部地絡事故は一般に30%地絡と称されており、5%値ぎりぎりでの地絡事故を対象とすることは少ないので、実際の系統においては表1-1に示す様な限界値での応動とはならず、裕度を持ったリレー動作が期待できます。

V_o=5%近くの地絡事故においてもDGRの動作を要求する様なシビアな設備においては、I_o-V_o比較方式のDGRでは内部地絡事故時に動作できないケースがあり得ることを承知した上でのリレー選択とすることが必要です。

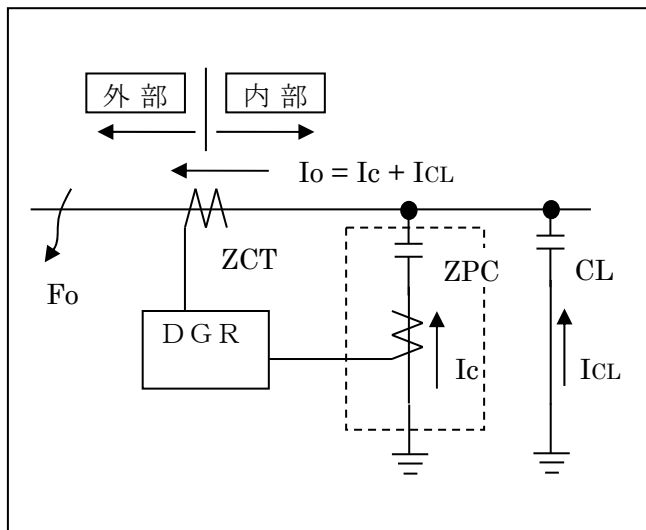
電流抑制方式における適用上の確認事項

1. 初めに

抑制電流方式（形式SHG-DF3形）の地絡方向継電器は、内部地絡事故においてV_o電圧の発生が小さい場合においても高感度に地絡事故を検出して動作することが出来る特徴を有しています。この特徴を有効に機能させるために、適用される受電設備における確認事項があります。この確認事項の詳細を説明いたしますので、本継電器の適用にあたり、お客様の設備の状況について御確認頂きたく宜しくお願いいたします。

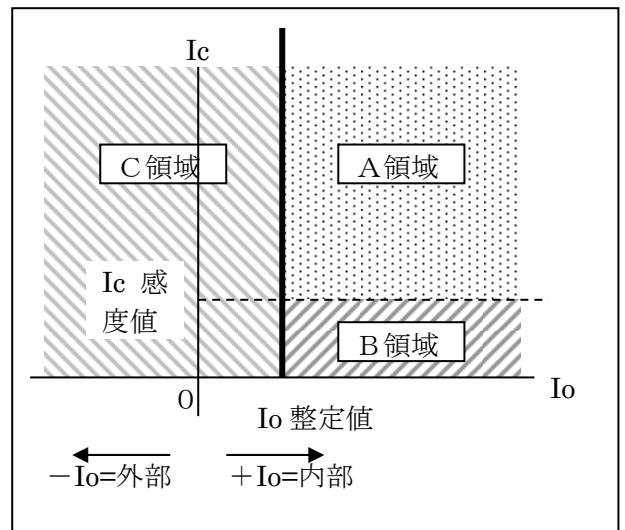
2. 確認頂きたい事項

DGRの設置状況を図2-1に示します。また、動作特性を図2-2に示します。



ここで
 Fo : 外部の地絡事故点
 CL : 構内の対地静電容量の総和
 Ic : ZPC に流れる抑制電流
 ICL : CL に流れる対地電流
 Io : 流出電流の総和

図2-1 DGRの設置



A領域 : Io , Ic とともに動作レベルを超えており、方向判定を行い動作します。
 B領域 : Ic が感度以下となることより抑制がかからないので、無方向性となりIoの大きさのみで動作します。
 C領域 : Io 整定値以下で不動作です。

図2-2 DGRの動作特性

図2-1において外部F_o点での地絡事故発生時にI_o電流は構内よりI_c + I_{CL}が流出します。このI_oが整定値を超える場合は、抑制電流I_cは必ずI_c感度以上とならなければなりません。抑制電流がI_c感度値未満の場合は無方向性の動作（図2-2のB領域）となるのでもらい事故動作となってしまいます。抑制電流がI_c感度値以上であれば方向判定を行い確実に外部判定となり継電器は動作しません。これらの関係は（2.1式）となります。

$$\frac{\text{動作電流整定値 (I}_o\text{)}}{\text{抑制電流 (I}_c\text{)}} \geq \frac{\text{構内の対地静電容量の総和 (CL)}}{\text{ZPCのコンデンサ容量}} \quad (2.1式)$$

継電器の電流整定値を0.2Aとした場合の各値をこの関係式に代入すると

$$\frac{200\text{mA}}{5\text{mA}} \geq \frac{CL}{0.02\mu\text{F}} \quad (2.2式)$$

となり、構内の対地静電容量の総和CLは $0.8 \mu\text{F}$ 以下となります。従って、もらい事故にならないためには構内の対地静電容量が $0.8 \mu\text{F}$ 以下に制限されます。例えば 22mm^2 、CVケーブルの場合、互長は約 2.9km に相当します。一般の受電設備ではこれより短いことがほとんどですので、通常はその都度検討する必要はありませんが、構内の2次変電所などへのケーブルが、これより長い場合はIc取り出し用ZCTの接地線を複数巻とすることにより、CL適用限界を大きくすることが出来ます。(例えば2回巻にすればCLは、2倍の $1.6 \mu\text{F}$ まで適用出来るようになります)

適用できる構内の静電容量の総和とIc取り出し用ZCTの接地線の巻数の関係を表2-1に示します。

表2-1 適用可能な構内の静電容量の総和とIc取り出し用ZCTの接地線の巻数の関係

Ic取り出し用ZCTの接地線の巻数	適用可能な構内の静電容量の総和(最大値)	適用可能なCVケーブルの最大互長(km)				備考
		22mm ² (0.28 μF /相)	38mm ² (0.33 μF /相)	60mm ² (0.39 μF /相)	100mm ² (0.47 μF /相)	
1ターン	0.8 μF /相	2.9	2.4	2.1	1.7	
2ターン	1.6 μF /相	5.7	4.8	4.1	3.4	
3ターン	2.4 μF /相	8.6	7.3	6.2	5.1	

4ターン以上の場合も同様に適用可能な最大値が大きくなります。

3. まとめ

抑制電流方式(形式SHG-DF3形)の地絡方向継電器は、内部地絡事故においてVo電圧の発生が小さい場合においても高感度に地絡事故を検出して動作することが出来る特徴を有していますが、構内の対地静電容量の大きさによっては外部地絡事故時にもらい事故となるケースがありえます。構内の高圧ケーブルが長い受電設備の場合は、念のため構内の静電容量の総和を御確認頂き、表2-1に示す適用可能な最大値を超える受電設備においては、Ic取り出し用ZCTの接地線の巻数を増やす処置を実施頂きたく、宜しくお願いいたします。