蓄電池による非常電源系統の 保護協調に関する研究*

日本舶用機関学会電気研究委員会

Study on Co-ordinative Protection of Emergency Distribution
Circuits Supplied from Storage Batteries

By Hideki Takagi, Toshio Ohyama

Storage batteries which are used as an emergency source of power and are important devices on board vessel. However, the study on co-ordinative protection of distribution circuit supplied from storage batteries is said to be insufficient.

Recently, the number and scope of electronic equipment are increased especially in automation and instrumentation fields and thereof the storage batteries has become more and more essential as an emergency or standby power source. The Electric Committee of MESJ has investigated and studied the matter on various characteristics of storage batteries, magnitude of short circuit current, contribution of rectifier equipment, etc. and also property and combination of protective devices to execute the co-ordinative protection.

1. ま え が き

本資料は昭和50年度に完了した「船舶配電系統の選択・断保護協調に関する研究」の一環として舶用機関学会電気研究委員会が昭和52年度に取り上げ、昭和53年度に取りまとめたものの概要である。

蓄電池は非常電源系統に用いられ、重要な機器・装置の予備電源など重要な用途を占めているにもかかわらず、従来保護協調という面では十分検討されていなかった。しかし、近年、制御監視を中心としたあらゆる分野で電気・エレクトロニクス機器の進出は目覚しく、電源系統のあり方と相まって蓄電池の非常電源系統に占める位置も高くなっている。このことから、系統の短絡電流及び保護装置の動作特性、組合わせ条件、選択保護協調などを考察して問題点の究明をはかることが重要な課題となってきた。

本研究に当っては蓄電池保護小委員会を設け、必要に応じて蓄電池、充放電盤及びヒューズメーカーにも参加してもらい検討を重ねた。

2. 蓄電池の諸特性と短絡電流

2.1 一般 蓄電池には鉛蓄電池とアルカリ蓄電池があり、それぞれの特徴は表1に示す通りである。いずれも充放電に伴う化学反応を利用している。

表1 鉛蓄電池とアルカリ蓄電池の比較

項 目	鉛 蓄 電 池	アルカリ蓄電池
構 成 物 質	陽 極 PbO_2 (二酸化鉛)	NiOOH (水酸化第2ニッケル)
	電解液 H_2SO_4 (稀硫酸)	$\text{H}_2\text{O} + \text{KOH}$ (か性カリ水溶液)
	陰 極 Pb (鉛)	Cd (カドミウム)
放電時間率	主に10時間率	主に5時間率
起 電 力	2.09 V	1.35 V
電解液比重	充放電状態により電解液比重が変化する。	充放電状態による電解液比重変化はない。
過 充 放 電	弱 い	強 い
短 絡 電 流	大電流により溶断する部分がある。	大電流でも溶断する部分はない。
保 守	水及び電解液の補充が必要。不使用時の充電は1回/月。	水のための補充でよい。不使用時の充電は1回/年。

蓄電池の容量は完全充電した蓄電池を一定電流で所定の放電終止電圧まで放電したときの放電量をもって表わし、次の2通りの方法がある。

アンペア・時容量 (Ah) = 放電電流 × 放電時間

ワット・時容量 (Wh) = アンペア・時容量

× 平均放電電圧

また、放電率は蓄電池容量に対する放電電流の大きさを表わし、一般には所定の放電終止電圧まで一定時間持続できる放電電流に対する時間表示で表わす。

* 原稿受付 昭和55年1月21日

2.2 鉛蓄電池の特性

鉛蓄電池の起電力は通常の使用範囲内では電解液比重が大きくなるにつれて直線的に高くなり、また、電解液の温度が高いほど高い値を示す。しかし、温度に対する変化の割合は小さく実用上は無視できる。

鉛蓄電池を定電流 I で放電する場合の端子電圧の変化は図1の各段階に分けて考えることができる。

図1 蓄電池の放電特性

①の段階では、極板内の電解液比重が急激に低下して(電解液全体では比重はまだあまり変化していない)起電力が急激に下がり、硫酸鉛の生成や電解液比重の濃淡などによる見かけの内部抵抗の増大により端子電圧が急降下する。

②の段階では、極板外の電解液が極板内に拡散し、放電が進行するにつれて端子電圧が徐々に降下する。

③の段階では、極板内に多量の硫酸鉛が生成されて極板の細孔が狭くなり内部への電解液の拡散が悪くなって起電力が急降下し、また、硫酸鉛の生成等により内部抵抗が急増して端子電圧も急激に降下する。

2.3 アルカリ蓄電池の特性

鉛蓄電池とはほぼ同様の特性を示すが、電解液が反応に直接関与しないので比重の変化で充放電状態を知ることはできない。また、放電電流の大きさに対する蓄電池容量変化が鉛蓄電池に

比べて小さい、などアルカリ蓄電池特有の特性を示す。

2.4 短絡電流

短絡事故などのように蓄電池を大電流で放電する場合の放電開始直後の電流・電圧の状態は過渡的で複雑である。しかし、一般には5m sec以内にはほぼ安定した状態となりその後の電流の減衰は緩慢である。いま、短絡発生後のほぼ安定した領域における電流値 I_s を考えると I_s は次式で与えられる。

$$I_s = \frac{E}{R_1 + R_2} \quad [A] \tag{1}$$

ここで、 E : 完全充電時の起電力(V)

R_1 : 完全充電時の温度 25℃における見かけの内部抵抗[Ω]

R_2 : 外部抵抗[Ω]

ここで R_1 は極板、ストラップ極板、セパレータ、電解液などの各抵抗の総和であり、放電の進行とともに極板内に生成される硫酸鉛の影響で大きくなっていく。

R_2 は各セル間を接続する接続線、接続板、接続かんなどの抵抗及び締付部における接触抵抗の総和である。完全充電時は起電力 E は最大であり、また、内部抵抗 R_1 は最小、 R_2 はほぼ一定であるので(1)式で示される短絡電流 I_s は蓄電池の供給しうる最大電流を表わす。

鉛蓄電池およびアルカリ蓄電池の内部抵抗、外部抵抗及び(1)式から求めた短絡電流値を表2に示す。表2には周囲温度 0℃及び 45℃の場合の短絡電流値も参考までに示す。

3. 非常用蓄電池系統と保護協調

3.1 非常用蓄電池系統

蓄電池の台数は電源確保の信頼性の面から一般に同容量のものを2群装備する。各群の容量は充放電方式によって異なるが、2群同時浮動充放電方式では全必要容量の1/2、交互充放電方式では各群が全必要容量を持つようにするのが普通である。

非常用蓄電池系統から給電する負荷については3.5に述べる。回路の保護装置としては一般的にはしゃ断器を使用するが法規によりヒューズを使用することを要求されているものおよび回路を“切”位置にしたまま放置されることを特に避けたい回路に対してはヒューズを使用

表2 蓄電池の短絡電流

起電力：鉛蓄電池 25.08 V, アルカリ蓄電池 27.0 V

蓄電池の種類と容量		内部抵抗 R_1	外部抵抗 R_2	短絡電流(T : 周囲温度)		
				$T=0^{\circ}C$	$T=25^{\circ}C$	$T=45^{\circ}C$
鉛蓄電池	200 Ah (SS-200)	$\times 10^{-2} \Omega$ 1.32	$\times 10^{-2} \Omega$ 0.179	780 A	1,673 A	1,832 A
	300 Ah (SS-300)	0.88	0.204	1,615	2,314	2,518
	400 Ah (SS-400)	0.66	0.102	2,251	3,291	3,603
アルカリ電池	200 Ah (BP 200G)	1.60	0.162	1,161	1,532	1,686
	200 Ah (DP 200G)	1.00	0.053	2,029	2,564	2,833

するのが一般的である。

3.2 充放電方式 充電の方法は、定電流充電、定電圧充電、準定電圧充電、定電流定電圧充電及びトリクル充電などに分けられるが、どれを採用するかは蓄電池の用途・経済性などにより決められる。

また、充放電方式を別の見方からすると交互充放電方式、浮動充放電方式及び両者を組合わせた方式に分けることもできる。交互充放電方式は一般に充放電切換スイッチの接点がオーバーラップしていないので、切換え時瞬時停電状態となり、機器によってはこれにより好ましくない影響を受ける場合がある。しかし、2群の蓄電池が独立に存在するので1群に事故が起きても他方は正常に残り、電源としての信頼性が高いという長所がある。一方、浮動充放電方式では整流器と蓄電池が電源として常時並列に回路に入るため、交流電源停電の場合も負荷は連続して給電を受けられ、また整流器や蓄電池そのものの定格容量を小さくできるという長所がある。

3.3 浮動充放電方式における短絡電流 蓄電池端子における短絡電流の大きさは2.4で検討したが、ここでは短絡点が充放電盤内で発生した場合すなわち整流電源からの寄与分が短絡電流にどのような影響を及ぼすかを見てみる。一例として200 Ah鉛蓄電池2組に50 A定格シリコン整流器を浮動充放電方式で適用する場合を考える。基本系統図は図2に示すとおりである。

図2に使われている記号は下記のとおりである。

$B_1 \sim B_2$: 200 Ah鉛蓄電池 公称24 V

Tr : 変圧器(鉄損=80 W, 銅損=85 W)

Rec : シリコン整流器, 50 A定格, 3相全波整流 (損失20 W×6)

$Sh_1 \sim Sh_3$: 分流器

SID : シリコンドロップ

$F_1 \sim F_3$: 保護装置(ヒューズ)

図2の等価回路は図3となる。

図3に使われている記号は下記のとおりである。

E : A点より見た等価直流電源電圧 32.06 V

図2 充放電回路基本系統図

図3 等価回路

R_1 : 変圧器及び整流器の等価抵抗の和 114 m Ω

R_2 : A点-C点間の配線抵抗及び接触抵抗の和 628 m Ω

R_3 : A点-B点間の配線抵抗及び接触抵抗の和 152 m Ω

R_4 : A点-X点間の配線抵抗, SIDバイパスコンタクタなどの接触抵抗の和 1456 m Ω

R_5 : ヒューズ F_1 , F_2 の抵抗 各1 m Ω ×2

R_6 : ヒューズ F_3 の抵抗 25 m Ω ×2

R_7 : ヒューズ F_1 及び F_2 から蓄電池ケーブル端子までの配線抵抗及び接触抵抗の和 286 m Ω

$R_{S1} \sim R_{S3}$: 分流器 $Sh_1 \sim Sh_3$ の抵抗 各0.9 m Ω

r_B : 蓄電池内部抵抗と外部抵抗の和 15 m Ω

E_B : 蓄電池の起電力 25.08 V

i_1 : 整流器から短絡点に流れ込む電流 [A]

i_2 : 蓄電池から短絡点に流れ込む電流 [A]

i_3 : 短絡点に流れる電流($= i_1 + i_2$) [A]

図2の各種抵抗値・損失値などは経験値より求めており、且つ、蓄電池一充放電盤間のケーブル抵抗は無視している。又、インダクタンス分なども無視している。以上より i_1 , i_2 , i_3 を求めると表3の結果を得る。

表3 充放電盤における短絡電流

電 流	単 位	AVR なし	AVRあり	
			SR方式	Th方式
i_1	A	127	102	115
i_2	A	685	701	693
i_3	A	812	803	808

同様に整流器が過飽和リアクトル形AVR(自動電圧調整器)をもつ場合(SR方式)及びサイリスタ形AVRをもつ場合(Th方式)の等価回路を作成して短絡電流を計算した結果も同じ表に示す。

3.4 実際の系統における短絡電流 以上の検討をベースに図4の回路における短絡電流を計算してみる。蓄電池は200, 300, 400 Ahを各々2群装備した場合について計算するが、整流器にAVRがあっても無くても短絡電流の大きさに差はほとんどないことが前節で

分ったのでここではAVRなしの場合について計算する。整流器は浮動充放電方式としてその定格電流は表4に示す。蓄電池と充放電盤間のケーブルは660V-DPYCを使用し、長さは2群とも10m、ケーブルサイズは表4に示す。充放電盤と分電盤間のケーブルはいずれの場合も660V-DPYC-30とし長さは40mとする。

このように条件を定めるとA1点で短絡した場合の等価回路は図3の場合に比べて、蓄電池回路に蓄電池-充

図4 蓄電池の回路の実際系統図

表4 短絡電流計算用データ

鉛蓄電池×2群	整流器 定 格	等価電源 電 圧	蓄電池ケーブル (10m)	
			サイズ	抵 抗
200 Ah	50 A	32.06 V	80 mm ²	5.45 mΩ
300 Ah	70	34.48	100	4.31
400 Ah	90	36.91	125	3.47

表5 実際系統における短絡電流

鉛蓄電池×2群	電 流	充電電源が 生きている場合		充電電源が 消失している場合	
		A1点	A2点	A1点	A2点
200 Ah	i_1	136 A	79 A	—	—
	i_2	625	177	706 A	244 A
	i_3	761	256		
300 Ah	i_1	146	95	—	—
	i_2	675	166	763	250
	i_3	821	261		
400 Ah	i_1	158	111	—	—
	i_2	710	156	813	255
	i_3	868	267		

放電盤間のケーブル抵抗を追加するだけでよい。また、図3の等価的な直流電源電圧 E の値と蓄電池-充放電盤間のケーブル10m分の抵抗値は表4に示す通りである。

A2点における短絡の場合は、図3をベースにした前述の変更に加えて短絡点のある枝路に充放電盤と分電盤間のケーブル抵抗(55.44 mΩ)及びヒューズ F_4 の抵抗(12 mΩ)を追加すればよい。

以上の条件でA1点・A2点における短絡電流計算を行うと表5に示す結果となる。表5には更に充電電源が消失している場合の短絡電流計算結果も示している。

3.5 保護協調 選択保護方式による保護とは給電の持続をはかるため系統に過負荷または短絡電流が流れたとき、故障回路に直接関係のある回路だけを系統から切り離すために故障点に最も近い保護装置のみが動作し、故障以外の回路への給電が停止されないように保護装置相互間で協調のとれた保護方式のことを言う。

蓄電池系統における最大推定短絡電流は前節すでに見てきたように高々1,000 A程度であるので、事故点に最も近い保護装置のしゃ断容量が不足するということは通常は考えなくてよい。したがって、選択保護を遂行できるか否かは上位保護装置が開路する前に下位保護装置が事故電流を完全にしゃ断してしまうか否かのしゃ断動作の時間的な問題と考えられる。

3.6 負荷の種類と保護の考え方 船舶における船自身や人命の安全に関係する重要負荷のサービスの連続性はできるだけ維持されるべきであるとの基本思想は従来より考慮されている。

蓄電池が SOLAS (国際人命安全条約) に要求される非常電源として存在するときはこれに接続される負荷の大部分は重要負荷と見なされる。すなわち、

一般警報
火災警報
糧食庫閉じ込め警報
航海灯
非常照明灯
運転不自由灯(紅灯)
救命艇準備灯及び乗艇灯

などである。

以上の SOLAS 要求を中心とした負荷の他にも船級規則や国家規則、あるいは、設計思想から実際には重要負荷として給電されているものもある。例えば、

火災探知装置
発電機原動機始動装置及び安全装置
主機トリップ回路
重要な通信装置

などであるが、個々のケースでこれらの負荷あるいはその他の負荷が船と人命の安全に重要と思われるれば SOLAS 要求の重要負荷と同じレベルで考えるべきであろう。従って、以上の負荷についてはサービスの連続又は給電の連続という点から選択しゃ断保護方式が望ましいと言え

る。

その他の負荷については選択しゃ断方式は考えなくてよいものと思われる。

4. 選択保護協調

4.1 蓄電池による非常電源系統の特長 船内交流配電系統における選択保護協調の設計のあり方、条件、あるいは、実際の保護装置の組合わせなどについては、既に本学会誌に報告がなされているが¹⁾、蓄電池による非常電源系統では、下記の特長を考慮して保護協調を計画する必要がある。

- i) 回路の定格電圧がDC 24 Vであること。
- ii) 回路の定格電流が比較的小さいこと。
- iii) 回路の最大推定短絡電流が比較的小さいこと。

従って、このような回路に使用される保護装置のヒューズやしゃ断器の種類は限定され、選択保護に関係する諸特性も、一般の交流低圧回路用のものとは異なる点に留意しなければならない。

4.2 過電流保護装置の動作特性 非常用蓄電池回路の過電流保護に使用される保護装置としては、一般にヒューズと配線用しゃ断器(以下MCBという)とがある。保護装置の選択保護協調(以下保護協調又は単に協調という)を考えるときは、これらの保護装置の過電流動作特性は、過負荷領域と短絡電流領域との動作特性に分けて考える必要がある。

4.2.1 ヒューズの動作特性

(1) 過負荷領域 ヒューズの過負荷領域とは、動作時間が0.1秒程度以上の過電流領域をいい、図5にその動作特性の一例を示す。

(a) 溶断特性 溶断特性は、過電流により、ヒューズが溶断するまでの電流・時間特性である。

(b) 全しゃ断特性 全しゃ断特性は、上記の溶断特

図5 ヒューズの動作特性

性にアーク時間を加えたものである。DC 24 V回路では、アーク時間は無視できる程小さい。

(c) 許容特性 許容特性は、不劣化特性ともいわれ、過電流がこの特性以下の電流・時間であれば、ヒューズの可溶体に、変形、変質などの影響はない。

(2) 短絡電流領域 ヒューズの短絡電流領域とは、ヒューズの動作時間、すなわち、全しゃ断時間が0.1秒程度以下の過電流領域をいう。この領域におけるヒューズの溶断は、ヒューズに流れる電流により、ヒューズ内部に発生するジュール熱によって行われ、しかも、その発生熱の外部への放散が無視できる程短時間で溶断及びしゃ断が完了するとの仮定で、下記の各種の I^2t 特性が示される。

(a) 溶断 I^2t 特性 溶断 I^2t 特性は、過電流によりヒューズが溶断するまでの I^2t で、図6の直流回路のしゃ断電流から、次式で求められる。

図6 ヒューズによる直流回路のしゃ断

$$\text{溶断 } I^2t = \int_{t_0}^{t_1} i^2(t) dt$$

外部への熱放散を無視すれば、この溶断 I^2t は、可溶体の材質及び断面積で定まり、

$$\text{溶断 } I^2t = k \times s^2$$

但し、

k : 可溶体の材質、形状等で定まる定数

s : 可溶体の断面積

(b) 全しゃ断 I^2t 特性 全しゃ断 I^2t 特性は、しゃ断完了までの I^2t で、上記の溶断 I^2t にアーク I^2t を加えたもので、図6から、次式で求められる。

$$\begin{aligned} \text{全しゃ断 } I^2t &= \int_{t_0}^{t_1} i^2(t) dt + \int_{t_1}^{t_2} i^2(t) dt \\ &= \int_{t_0}^{t_2} i^2(t) dt \end{aligned}$$

DC 24 V回路で、且つ、短絡電流が小さい場合には、アーク I^2t は、ほとんど無視できる程小さいので、全しゃ断 I^2t と溶断 I^2t とは、ほとんど同じと見なしてよい。

(c) 許容 I^2t 特性 許容 I^2t 特性は、不劣化 I^2t 特性ともいわれ、通過電流の I^2t が、この値以下であれば、ヒューズの可溶体に、変形、変質などの影響がないとき

れ、その値は、製造者の保証する値となっている。

(d) 最大通過電流特性 図6のような限流性能をもつヒューズでは、しゃ断時の通過電流の最大値(I_B)が規約電流の最大値(I_A)より小さい値に制限される。

(e) 動作特性の規約時間 短絡電流領域での動作特性の表わす動作時間は、交流では短絡力率や投入位相角、直流では回路時定数などによって異なり、一つの値で示すことはできないので、次のように定義される規約時間で表現されている。

$$\text{溶断規約時間} = \text{溶断 } I^2 t / (\text{規約電流})^2$$

$$\text{全しゃ断規約時間} = \text{全しゃ断 } I^2 t / (\text{規約電流})^2$$

4.2.2 配線用しゃ断器(MCB)の動作特性

(1) 過負荷領域 MCBの過負荷領域とは、その瞬時引外し装置(以下 INST という)が動作しない過電流領域で、動作特性は図7の通りである。MCBのこの領域における引外し動作は、熱動形または電磁形過電流引外し装置によって行われ、反限時特性をもっている。

(a) 動作特性の上限値及び下限値 動作特性の上限値は、準拠規格に定められた最大動作時間を表わしており、JIS C 8370では表6の通りである。また、MCBの動作時間は保護される電路や機器の安全面から見れば、短い方がより安全であるが、負荷の、電動機の始動時、あるいは、点灯時に流れる一時的な過電流でMCBが不必要に引外されないよう限時特性は、最低の不動作特性が下限値によって保証されている。

図7 MCBの動作特性

表6 MCBの最大動作時間

MCBの定格電流(A)	動作時間(分)	
	定格電流の200%	定格電流の125%
～ 30 A	2	60
31 A～ 50 A	4	60
51 A～ 100 A	6	120
101 A～ 225 A	8	120
以下省略	—	—

(b) コールドスタート動作特性とホットスタート動作特性 一般に製造者によってカタログ等に表示された動作特性は、基準周囲温度で、無通電の状態から通電を開始したときの動作特性であり、これをコールドスタート動作特性という。これに対し、あらかじめ一定の負荷電流を通じ、MCBの内部が、基準周囲温度より高いある温度になった状態から過電流を通じたときの動作特性をホットスタート動作特性という。この場合、あらかじめ通電される負荷電流は、MCBの定格電流の50%又は75%の値が用いられ、それぞれ50%ホットスタート動作特性又は、75%ホットスタート動作特性という。

(2) 短絡電流領域 MCBの短絡電流領域とは、そのINSTが動作する過電流領域で、動作特性は図7の通りである。

(a) INSTの動作特性 MCBのINSTは、短絡電流に対して、電磁石の吸引動作により瞬時に回路をしゃ断し、被保護電路や機器を過電流による熱的、機械的損傷から保護するとともに、MCBに最大のしゃ断性能を与えるために設けられている。従って、MCBを上位(電源側)に設け、下位(負荷側)のMCB、あるいは、ヒューズとの選択保護の可否を考える場合、上位MCBにINSTがあれば、短絡電流領域では一般に、選択保護はできないと考えてよい。

しかしながら、MCBの下位に限流効果の著しい限流ヒューズ又は限流MCBをカスケード接続した場合、それらの高速しゃ断及び高限流性能により、仮令、規約電流がMCBのINSTの設定値を越えていても、しゃ断時の通過電流が小さいため、それが付勢されなくて、選択保護が可能な場合がある。この場合は、製造者の保証する組合わせによらなければならない。

(b) 全しゃ断 $I^2 t$ MCBはヒューズと異なり、しゃ断時の通過電流によるジュール熱とINSTの動作とは直接の関係はないが、結果として、そのMCBがしゃ断した時の通過電流のオシログラムから全しゃ断 $I^2 t$ を求めることができる。このMCBの全しゃ断 $I^2 t$ は、上位ヒューズとの選択保護の可否の判定に必要なものである。

4.3 選択保護の条件 各種の保護装置の組合わせにおいて、選択保護が可能なための一般的な条件は次の通りである。

4.3.1 MCBとMCBの選択保護

(1) 過負荷領域 図8のごとく、この領域では、上

図8 MCBとMCBの選択保護協調

位MCBの動作特性の下限値が下位MCBの動作特性の上限値の上にあればよい。

(2) 短絡電流領域 この領域では、上位、下位のMCBは、共にINSTにより同時シャ断されるので、選択保護はできない。従って、上位MCBのINSTの下限値までの部分領域の選択保護となる。

4.3.2 MCBとヒューズの選択保護

(1) 過負荷領域 図9のごとく、この領域では、上位MCBの動作特性の下限値が下位ヒューズの全シャ断特性の上にあればよい。

(2) 短絡電流領域 この領域では、上位MCBのINSTの下限値が、下位ヒューズの全シャ断特性の上にあることが一応の目安となるが、仮令、その条件が満足されていても、下位ヒューズの全シャ断 I^2t が大きい場合には選択保護ができない場合がある。逆に上記の条件

図9 MCBとヒューズの選択保護協調

が満足されていなくてもヒューズの限流動作により、全シャ断 I^2t 又は、通過電流の最大値が小さい場合には選択保護が可能な場合もある。従って、この組み合わせの場合は、製造者が行った協調試験により確認され、保証された組み合わせによらなければならない。

4.3.3 ヒューズとMCBの選択保護

(1) 過負荷領域 図10のごとく、この領域では、上位ヒューズの許容特性が、下位MCBの動作特性の上限値の上にあればよい。

(2) 短絡電流領域 この領域では、上位ヒューズの許容特性と下位MCBのINSTの上限値の交わる点までの部分領域の選択保護と見るのが一応の目安となるが、このように極めて短い全シャ断時間の領域では、図10のごとき動作特性の比較だけで、選択保護の可否を判断するのは必ずしも妥当であるとはいえない。

そこで、4.2.1(2)、(c)及び4.2.2(2)、(b)で述べ

図10 ヒューズとMCBの選択保護協調
(過負荷領域) 図11 ヒューズとMCBの選択保護協調
(短絡電流領域)

たヒューズの許容 I^2t 特性と MCB の全しゃ断 I^2t 特性から、図 11 を作図し、短絡電流領域での選択保護の可否の判定を行う。図 11 で、下位 MCB B_1 とヒューズとは部分領域の選択保護、MCB B_2 とヒューズとは全領域の選択保護が可能であると判定できる。

3.4.4 ヒューズとヒューズの選択保護

(1) 過負荷領域 図 12 は、上位、下位の 3 種類のヒューズの動作特性を表わしたものであるが、上位ヒューズ F_1 の許容特性が下位ヒューズ F_2 の全しゃ断特性より下にあるため、選択保護はできないが、 F_3 の全しゃ断特性よりは上にあるため、選択保護は可能である。

(2) 短絡電流領域 上記(1)の領域で選択保護が可能なヒューズの組合わせでは、この領域においても可能

図 12 ヒューズとヒューズの選択保護協調

であると考えてよいが、上位ヒューズの許容 I^2t 特性と下位ヒューズの全しゃ断 I^2t 特性との比較によってチェックすることが望ましい。

本研究報告書には、MCB とヒューズの組合わせによる保護協調の実験結果の概要ならびに考察も含まれているが、紙面の都合でここでは割愛する。

5. あとがき

蓄電池による非常電源系統の保護協調面からの研究検討を行った結果、蓄電池の諸特性や浮動充電中の短絡時の整流器からの影響も明らかとなり、非常電源系統の計画時に配慮すべき保護協調の過負荷領域および短絡領域での要点が分かった。

充放電時における短絡電流はその短絡点および構成回路の諸定数により異なるが通常の非常用蓄電池設備における充放電盤母線での短絡電流は最大 1,000 A 程度であることが明らかにされ、蓄電池系統における保護装置の各組合わせでの検討が可能となった。

しかし、一般的なしゃ断器とヒューズの組合わせについては単にカタログによる電流-時間特性曲線の検討のみでは十分でなく各種 I^2t も考慮すると共に場合によっては実験による確認を必要とするものもあり、実際の適用に当っては使用条件も考え製造業者との協議を十分行うことも必要である。(大山敏夫** 高木秀樹***)

文 献

- 1) 電気研究委員会, 舶機誌, 10-12 (昭 50-12), 935

** 正会員 三菱重工業(株) (東京都千代田区丸の内 2-5-1)

*** 正会員 寺崎電気産業(株) (大阪市阿倍野区阪南町 7-2-10)