

金属函開閉器における 異極間隔壁の効果について

— 目 次 —

は し が き	1
〔A〕金属函開閉器における異極間短絡	1
〔B〕短絡遮断試験の方法	2
〔C〕試験結果と隔壁の種類を検討	3
〔I〕隔壁のない構造のもの	3
〔II〕器台に隔壁のある構造のもの	4
〔1〕器台に高さ10mmの隔壁を設けたもの	4
〔2〕前記の構造の中央ヒューズ面にスチロールのカバーを設けたもの	6
〔3〕器台に高さ25mmの隔壁を設けたもの	7
〔III〕金属函の蓋に隔壁を設けた構造のもの	8
〔1〕ベークライトカバーを取付けた構造のもの	8
〔2〕高さ15mmのベークライトの隔壁を設けた構造のもの	9
〔3〕石綿で高さ40mmの隔壁を設けたもの	10
〔D〕結 語	11

労働省産業安全研究所

東京都港区芝田町2-13

金属函開閉器における異極間隔壁について

は し が き

工場で多く用いられている爪付ヒューズを使用した金属函開閉器は、電気回路や機器に短絡事故を生じ短絡電流が流れると、その異極間にアーク短絡を起すことが少ない。異極間にアークによる短絡現象を生ずると、電気設備や作業者に対して重大な災害を及ぼすことが多いので、開閉器はこの現象の起らないような構造のものをなければならない。その方法として開閉器の異極間に隔壁を設けた場合の効果について研究を行った。

【A】 金属函開閉器における異極間短絡

(1) 異極間短絡現象

通電回路を遮断すると開閉器の接点の両極間に火花の発生が見られ、回路の抵抗が小さく電流値が大きいと火花は一瞬にして電弧放電に達する。空気は絶縁体であるから通常の状態では導電性は帯びず、従つて空気を通して放電の行われることはない。しかし常態の大気中でも宇宙線や地中の放射物質からの放射線の影響を受けて僅かではあるが絶えず電離が行われ、電子やイオンが存在する。又空気を構成する原子の核外電子は通常の状態に於ては核を中心としてある軌道上を定期的に運行し続けるが、外部から何らかの形でエネルギーが与えられると例えば光やX線が当たったり、電子やイオンが衝突したりすれば、核外電子がそのエネルギーを受けて通常の状態よりもエネルギー準位の高い状態に移り、即ち軌道上の運行を逸脱する所謂励発現象を呈する。通電回路を遮断すると導体の先端に於ける原子の核外電子が、接点間の空間にエネルギーを与え励発を誘起せしめる。回路の電源が強力であると与えるエネルギーも強大となつて励発状態は持続される。しかし励発状態は不安定であるから、極めて短時間即ち 10^{-8} 秒程度で元の状態に復帰する。或る種のガスや蒸気が介在するとこの状態はやや長く 10^{-2} 秒に達することがある。励発状態が元の状態に復帰する場合、過剰のエネルギーは可視線、赤外線及び紫外線を含む光や熱として放出される。この光や熱が遮断時の火花やアークとなつて現れるものと考えられる。

次にヒューズを溶断して遮断する場合の現象を考えてみると、(短絡回路を前提として回路には大きな電流が流れるものとする)、ジュール熱は電流の自乗に比例するから相当な高熱に達し、ヒューズを溶融しヒューズの量を燃焼して蒸気とガスを発生させ、溶融されたヒューズは粒となつて附近に附着する。蒸気及びガスの発生

と相俟つて極間に励発状態が持続し、電離を行つて導体化されアーク電流が流れるものと思われる。同条件の短絡回路では銀や銅のヒューズは鉛に比してガス量は少いと云われている。この様にアーク放電にあずかる主要物質がヒューズ溶融の際の蒸気である場合には、これを蒸気アークと称し蒸気アークに対して更にガス化した場合のガスが電離されて導電の主役となつた場合はガスアークと称されているが、ヒューズの遮断の場合ではこの区別が判然としない。ヒューズが溶断されアークが持続すると、この部分の温度は異状な高温になり数千度に達する場合がある。このような高温になると原子の運動は活潑となり衝突に際して励発や電離が更に容易になり周辺に及ぶ。一方ヒューズのガスや蒸気の発生に伴い励発状態が持続されるのでアークは瞬時にして消滅されない。このような現象は回路が単相であれば2本、3相であれば3本のヒューズの周辺に於て同じような経過をたどつて発生するもので、遂に相間の絶縁が破壊されて導体化し、アークの持続を見るに到るものと考えられる。この場合同相の極間にアークが発生することが異極間短絡の条件であり、アークの発生しないようなヒューズの溶断では異極間短絡は起り得ない。同相の極間のアークは電源が交流であれば、半サイクル毎に必ず一旦消滅して逆方向の電圧によつて再点弧を行うもので、従つて異極間のアークも亦之に伴つてアークの点滅が行われる。

(2) 異極間短絡の及ぼす影響

回路及び電気機器に短絡が起きるとその回路には通常大きい短絡電流が流れる。開閉器は電動機その他の負荷に電力を供給し又遮断する働きをするものであるから、電源側から見て開閉器の負荷側には回路及び機器のインピーダンスが含まれる。開閉器の異極間にアーク短絡を行つたとしてもその回路の短絡電流は、同相間のアークが未だ持続している間は負荷を流れる電流と異極間に流れる電流との和となる。従つて異極間にアーク短絡した場合はしない場合に比し更に大きい電流が流れる。その差は後述の場合には約1.2倍から2倍となつて現われている。次に遮断時間では約1.3倍から3倍に達している。このように異極間にアーク短絡を起すと短絡電流は大きくなり遮断に要する時間も長くなり、従つて発生熱量も大きく導線の被覆を燃焼させたり、ヒューズの締付ネジ部分を溶着させる。又ヒューズの蒸気やガスの圧力が大となるので操作者に火傷を負わせたり、開閉器を破損させて再使用を不能ならしめる場合も少くない。又遮断時間が長くなれば回路の電線や機器に悪影響を及ぼすこと

も考えられる。殊に異極間短絡が甚しい場合にはアークが持続して遮断せず重大な損傷を与えると共に火災や爆発の原因となることが多い。従つてこの現象の起らないように構造上充分に注意することが肝要である。

〔3〕異極間短絡の防止方法

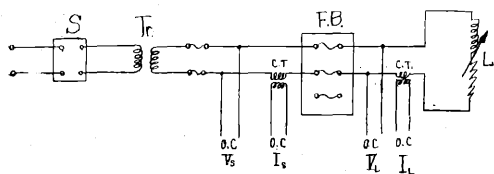
爪付ヒューズを用いる金属函開閉器の異極間短絡を防止する方法には異極間距離を長くすることが考えられる。即ち電子の衝突エネルギーを次第に減少させ、電離の現象を異極に達する前に消滅させるに充分な距離を保たしめ、異極間にアークの連絡するのを阻止する方法である。開放ナイフスイッチの場合 JIS では異極間の最小距離を 250V 30A で 30mm, 60A で 35mm, 100A で 40mm に規定している。しかし金属函開閉器は蓋で覆われているので開放スイッチに比してガスの影響が大きく、従つて異極間距離を開放ナイフスイッチの場合よりも大きくする必要がある。しかし余り大きくすることは開閉器が巨大となつて不適當であるからこの方法は好ましくない。次に異極間に有効な隔壁を設けてアーク短絡を防止する方法がある。これには隔壁を器台に設けたものと蓋の裏面に設けてその先端を器台の溝に入れたものとがある。本研究に於てはこれらの隔壁が異極間アーク短絡の阻止に如何に有効であるかを種々な条件のもとに試験した。

【B】短絡遮断試験の方法

〔1〕試験設備

試験に使用した設備及び回路図は第 1 図に示す通りで、試験はすべて単相 210V にて行つた。供試品は 3 極の 250V 30A の金属函開閉器で型式承認を得たものである。遮断に用いたヒューズは 250V 30A の銅爪付平型鉛ヒューズで JIS 規格に合つたものを使用した。

第 1 図



- S ……油入遮断器（投入用）
Tr …変圧器 150KVA 3300V/210V (Impedance volt 80V)
F. B …供試開閉器
L ……可変負荷

O. C…横河製 3 素子電磁オシログラフ

第 3 表, 第 4 表, 第 8 表の試験では I_s , I_L 及び V_L の各波形をオシログラフで記録しその他の試験は V_s , V_L 及び I_s の各波形を記録した。

短絡試験に供した回路の規約短絡電流を測定した結果及び各回路の力率は第 1 表の通りである。

第 1 表

回路番号	負荷 L のタップ	規約短絡電流	力 率
1	250V—1,500A	1,330A	70%
2	250V—2,500A	2,210A	81%
3	250V—5,000A	2,950A	86%

〔2〕試験方法

異極間隔壁の効果を調べるためには異極間にアーク短絡を生じ易い状態で試験することが必要で、このために可変負荷を開閉器の負荷側に挿入した。負荷を開閉器の電源側に挿入した場合よりも開閉器の極間の電位差が大きく従つて異極間短絡を生じ易いと考えられるからである。これは実際の試験結果からも明らかで、後述の第 1 表によれば、供試開閉器 KU 3P30A は 4 回の実験の中何れも異極間にアーク短絡をしている。即ち第 1 回目はヒューズ溶断電流 1435A に対しアーク短絡電流は 2260A, 第 2 回目は 1580A に対して 2480A である。他の 2 回も同様にヒューズ溶断電流の約 1.57 倍～約 2 倍のアーク短絡電流が流れている。しかし同条件で負荷を電源側に挿入した場合は何れも異極間短絡は起きなかつた。

〔3〕用語及び記号の意味

- 規約短絡電流
ヒューズをインピーダンスの微小な接続片におきかえ、回路を短絡したときに流れる電流値をいい、交流分の実効値で表わすものとする。
- ヒューズ溶断時間
ヒューズが溶断出来る過電流の流れる回路が閉じられ通電し始めてから電弧を発生し始めるまでの時間をいう。
- 電弧時間
溶断時間後回路が完全に遮断されるまでの時間をいう。
- 遮断時間
溶断時間と電弧時間との和をいう。
- ヒューズ溶断電流
ヒューズ溶断時間中に負荷に流れた電流の最高値をいう。
- アーク短絡電流

アークにより線間短絡を生じた場合の電流の最高値をいう。

7. 記号の意味

表中汚損状況の(－)は全然汚損せず、(±)は幾分汚損しているらしいが明白でないもの、(＋)(＋)(＋)は明らかに汚損しているもので、(＋)が最も低く(＋)(＋)と順次その程度が大きいことを示す。

音響、火花、ガスの(＋)(＋)(＋)の記号はその程度の大小を示す。

8. 本文中にある短絡遮断試験のオシログラフ及び開閉器写真はその一部を掲載するに止めた。これについて詳細に知りたい方は労働省産業安全研究所電気課に照会されたい。

【C】 試験結果と隔壁の種類の検討

〔I〕 隔壁のない構造のもの

(1) 開閉器の構造

隔壁のない構造のもので、開閉器 KU3P30A (大)、KG3P30A、YD3P30A のうち KG3P30A はベークライト製のカバー（カバー付ナイフスイッチの下開きの下部カバーと同様の構造のもの）が取付けられているのを特に取外して試験したものであるが、他の2資料は開放ナイフスイッチを金属函に収めたような構造のものである。それらの主要部の寸法を示せば第2表の通りである。

第 2 表

単位mm

寸法箇所	資料の種類	KU3P30A(大)	KG3P30A	YD3P30A
異極間距離（アークの出る所）	m n	29	15	28
遮 断 距 離	min	8	8	25
爪付ヒューズ締付ネジ中心間距離		45	45	40
爪付ヒューズ取付面の巾	min	14	14	12
爪付ヒューズ締付ネジの径	min	5	5	5
函 の 大 き さ		210×156×65	176×122×55	256×210×154

(2) 試験結果

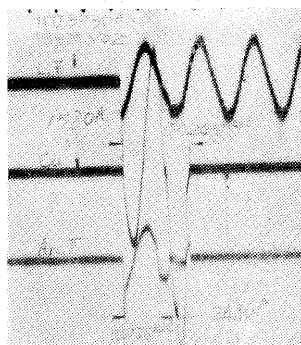
異極間に全然隔壁のない構造のものについて短絡遮

断試験を実施した結果は第3表及び第2図に示す通りである。

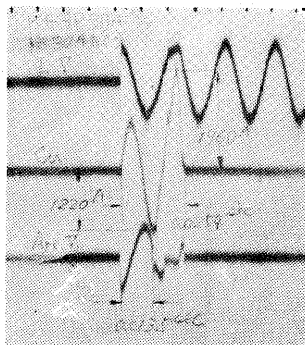
第3表 隔壁のない構造についての短絡溶断試験結果

開閉器の種類	試験回数	規約短絡電流	ヒューズ 溶断電流	アーク 短絡電流	遮断時間	ヒューズ 溶断時間
KU3P30A (大)	No. 1	1330A	1435A	2260A	0.0260秒	0.0140秒
〃	〃 2	〃	1580	2480	0.0245	0.0136
〃	〃 3	〃	1400	2510	0.0232	0.0160
〃	〃 4	〃	1710	3680	0.0210	0.00795
KG3P30A	No. 3	〃	1220	1960	0.0254	0.0135
YD3P30A	No. 1	〃	1770	2280	0.0188	0.00875

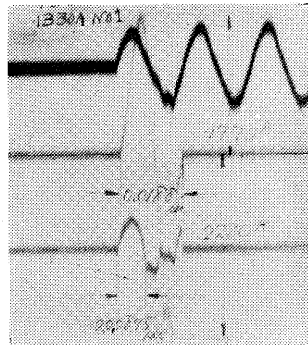
音響	火花	瓦斯	蓋開閉状況	器台汚 損状況	カバー汚 損状況	電源側 汚損状況	器台カバー 破損状況	不使用極 汚損状況	絶縁抵抗(最低値)	備 考
卅	卅	卅	開 く	卅	+	—	—	+	右左極 25MΩ	Oc1, Ph1
〃	〃	〃	〃	〃	卅	卅	〃	〃		Oc2
〃	〃	〃	〃	卅	〃	〃	〃	〃	電源側 50MΩ	Oc3
〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	負荷側 0MΩ	Oc4, Ph2
〃	〃	〃	開 か ず	卅	〃	—	〃	〃		Oc5
〃	〃	〃	開 く	+	+	—	〃	〃	右 極 10MΩ	Oc6, Ph3



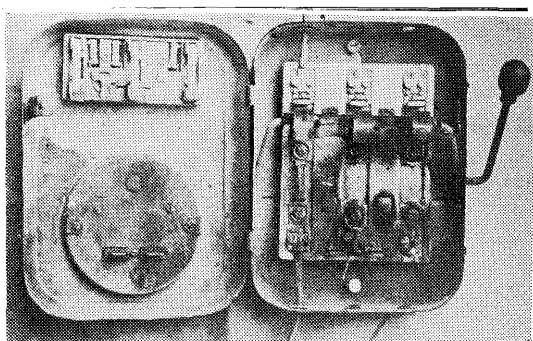
(OC2) KU3P30A(大)
1330A No 2 試験



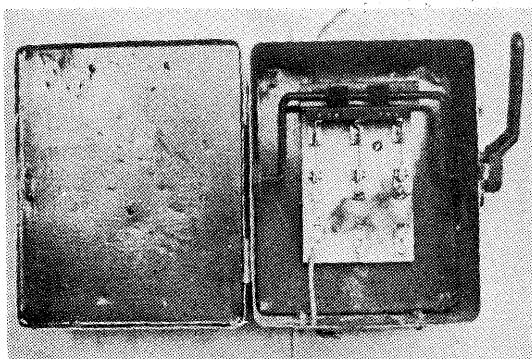
(CC5) KG 3P30A
1330A No3試験



(CO6) YD 3F30A
1330A No1試験



(Ph2) KU3P30A(大) 1330A No4 試験後



(Ph3) YD 3P30A 1330 No1 試験後

第 2 図

(3) 試験結果の考察

(a) 供試開閉器の短絡遮断能力

供試開閉器について短絡遮断試験を実施した結果、試料全部が異極間でアーク短絡をしたのち遮断している。アーク短絡電流はヒューズ溶断電流の1.2倍から2.1倍位流れている。又ヒューズは2分の1サイクルから1サイクルの間に切れ、後アークが2分の1サイクル程持続して遮断している。従つて一般に音響、火花及びガスの発生は大きく、異極間でアーク短絡したためにガス圧は特に大きく KG3P30Aを除いて全部が蓋が開いた。KG3P30A は溶断電流が小さく、アーク短絡電流も平均に比較して小さかつたためガス圧が弱かつたものと思われる。器台、蓋の汚損は特に甚だしく隔壁がないので電源側及び不使用極も汚損した。

(b) ヒューズ遮断の繰返し回数と開閉器の遮断能力

試料KU3R30A(大)について短絡遮断したのちその器台を清掃しないでヒューズを取替えて繰返し遮断した結果、遮断回数の増加とともにアーク短絡

電流も増加する傾向が見られる。これはヒューズのみ取替えて繰返し遮断するので器台の汚損が甚だしく、その部分の絶縁が低下するためにアーク短絡を起し易い条件となるためと思われる。又その時の絶縁を測定した結果、4回目試験後に0MΩとなり使用に堪えなくなつた。

(c) 供試開閉器の内容積と蓋開閉状況

試料 YD3P30A はヒューズ溶断のガス圧に十分堪え得るように金属函の内容積を大きくし函内でガス圧を弱くして蓋が開かないように設計したものであるが、異極間アーク短絡した際のガス圧は非常に大きく函を極度に大きくすればその効果があるが、この程度の内容積では蓋が開きその効果は少ない。

〔II〕 器台に隔壁のある構造のもの

(1) 器台に高さ10mmの隔壁を設けたもの

(i) 開閉器及び隔壁の構造、材質

供試開閉器MS3P30A (a)及び(b)は鉄函の中に隔壁付の磁器の器台を取付けたもので、その主要部の寸法は第4表に示す通りで、開閉器を投入した際には蓋が開かない構造となつている。

第 4 表 単位mm

寸法箇所	資料の種類	MS3P30A(a)(b)
異極間距離(アークの出る所) min		21
遮 断 距 離 min		7
爪付ヒューズ締付ネジ中心間距離		45
爪付ヒューズ取付面の巾 min		12
爪付ヒューズ締付ネジの径		5
函 の 大 き さ		172×140×64

又器台の異極間には高さ10mmの隔壁を設けられているので、(a)型では電源側にも磁器の隔壁を設

け、又上部ヒューズ締付ネジの異極間には高さ15mmの隔壁があり、異極間アーク短絡を防止する構造となつている。(b)型は(a)型を改良したもので、電源側及び上部ヒューズ締付ネジの異極間には隔壁はないが開閉器投入の位置でクロスバーに取付けたファイバーが、上部ヒューズ締付ネジの異極間を遮断する構造となつている。

(2) 試験結果

供試開閉器の短絡遮断試験結果は第5表、第6表及び第3図、第4図に示す通りである。

第5表 MS3P30A(a)の短絡遮断試験結果

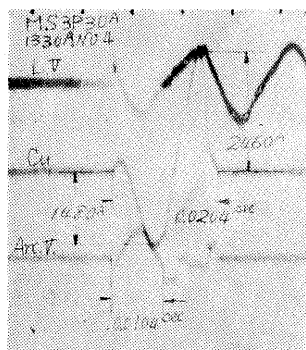
開閉器の種類	試験回数	規約短絡電流	ヒューズ 溶断電流	アーク 短絡電流	遮断時間	ヒューズ 溶断時間
MS3P30A(a)	No. 1	1330A	1305A	2280A	0.0254秒	0.0115秒
"	" 2	"	1435		0.00965	0.00965
"	" 3	"	1785	4000	0.0200	0.0100
"	" 4	"	1480	2460	0.0204	0.0104

音響	火花	瓦斯	蓋開閉状況	器台汚 損状況	カバ汚 損状況	電 源 側 汚損状況	器台カバ 破損状況	不使用極 汚損状況	絶縁抵抗(最低値)	備 考
+++	+++	+++	開 く	+	+	-	-	-	右 極 15M Ω	Oc7, Ph4
++	+	+	開 か ず	"	"	"	"	"		Oc8
+++	+++	+++	開 く	+	+	"	+	±		Oc9
"	"	"	"	"	"	"	"	+	負荷側 700M Ω	Oc10, Ph5

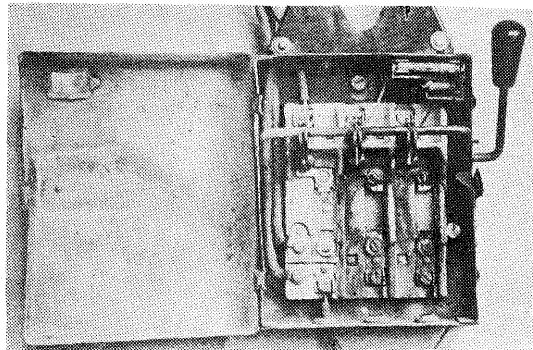
第6表 MS3P30A(b)の短絡遮断試験結果

開閉器の種類	試験回数	規約短絡電流	ヒューズ 溶断電流	アーク 短絡電流	遮断時間	ヒューズ 溶断時間
MS3P30A(b)	No. 1	2210A	1640A		0.0071秒	0.0045秒
"	" 2	"	1820		0.0084	0.0053
"	" 3	"	2100	?	0.0012	0.0073

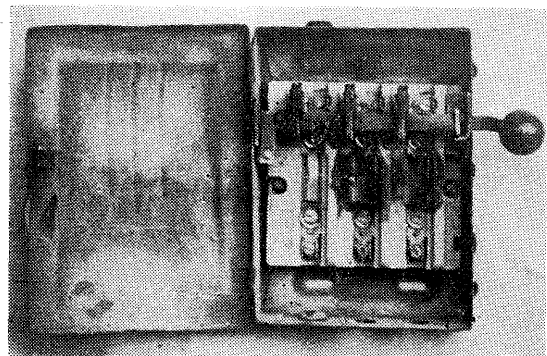
音響	火花	瓦斯	蓋開閉状況	器台汚 損状況	カバ汚 損状況	電 源 側 汚損状況	器台カバ 破損状況	不使用極 汚損状況	絶縁抵抗(最低値)	備 考
+	+	+	開 か ず	+	+	-	-	-	中央極 0.1M Ω	Oc11
"	"	"	"	"	"	"	"	"	右中央極 100M Ω	Oc12
+++	+++	+++	開 く	+	"	"	"	±	右 極 30M Ω	Oc13, Ph6



(Oc10) MS3P30A(a) 1330A No. 4 試験



(Ph5) MS3P30A(a) 1330A No. 4 試験後



(Ph6) MS3P30A(b) 2210A No. 3 試験

第 4 図

(3) 試験結果の考察

(a) 供試開閉器の短絡遮断能力

MS 3P 30A(a) は試験回数 4 回の中 3 回異極間アーク短絡をした。ヒューズ溶断の際の音響、火花、ガスは非常に大きく蓋もアーク短絡をしていない 2 回目を除きすべて開いた。カバー及び器台の汚損は多いが絶縁は保っている。

MS 3P 30A(b) は 3 回目の試験で異極間アーク短絡をした形跡があり (Oc13 より判定)、試料開閉器を見ても中央ヒューズ締付ネジと右極導電部との間にアークが飛んだと思われる部分が溶融している。蓋もその回だけが開いており器台及びカバーの汚損も甚だしい。

(b) 異極間隔壁の効果

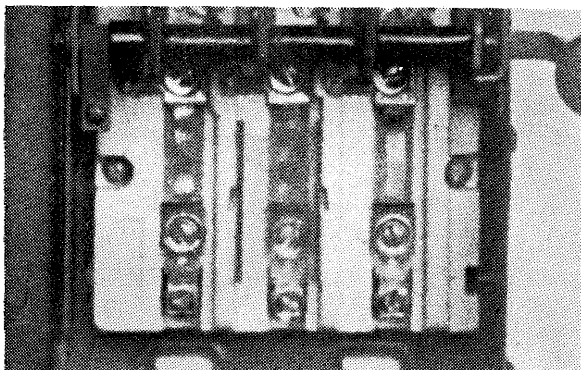
MS 3P 30A(a) は異極間アーク短絡をしたためにそのガス圧により不使用極は 3 回目、4 回目試験で汚損している。同様(b)は 1 回目、2 回目試験では全然汚損していないが、3 回目の試験でア

ーク短絡したと思われ、不使用極も汚損し 10mm 程度の隔壁ではその効果が非常に不安定でアーク短絡を起す公算が大きい。電源側は(a)(b)ともに汚損しなかつた。

(2 前記(1)の構造の中央ヒューズ面にスチロールのカバーを説いたもの

(1) 開閉器及びカバーの構造材質

供試開閉器 MS 3P 30A(b)の開閉器の主要部の寸法は第 4 表に示したものと同一のものであるが、中央極ヒューズ面上部に高さ 10mm のスチロールのカバーで蓋をするように取付けた構造(第 5 図参照)で、カバーはその下部に爪を設け爪を器台の異極間隔壁に設けられている溝に挿入して保持するようになっている。



(Ph7) MS3P30A(b)に
スチロール隔壁を施したもの

第 5 図

(2) 試験結果

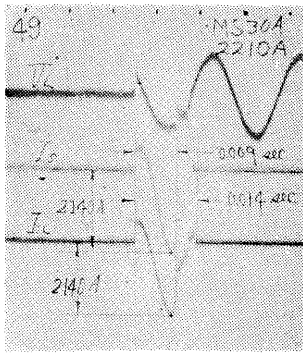
供試開閉器の短絡遮断した結果は第 7 表及び第 6 図に示す通りである。

第 7 表 MS 3P 30A (s) の短絡遮断試験結果

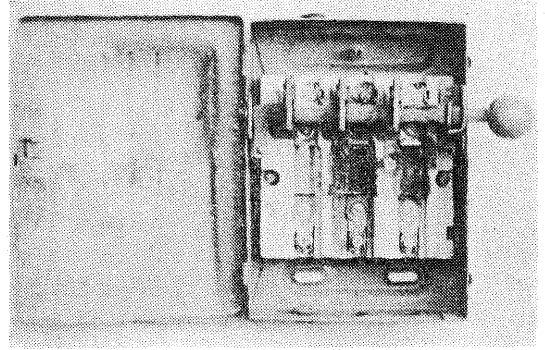
開閉器の種類	試験回数	規約短絡電流	ヒューズ 溶断電流	アーク 短絡電流	遮断時間	ヒューズ 溶断時間
MS 3P 30A (s ₁)	No. 1	2210 A	1640 A		0.008 秒	0.004 秒
〃	〃 2	〃	1890	?	0.015	0.0072
〃 (s ₂)	No. 1	〃	2140	?	0.014	0.009

音響	火花	瓦斯	蓋開閉状況	器台汚 損状況	カバー汚 損状況	電源側 汚損状況	器台カバー 破損状況	不使用極 汚損状況	絶縁抵抗(最低値)	備考
+	+	+	開かず	+	+	+	-	-	中央極 1~0.1MΩ	Oc14
++	++	++	〃	〃	+	〃	〃	〃	右極 100MΩ	Oc15, Ph8
+++	+++	+++	開く	〃	〃	〃	〃	〃		Oc16, Ph9

〔註〕 開閉器種類の MS 3P 30A (S₁) はカバーに白スチロールを使用し、(S₂) は青スチロールを使用した。



(O:16) MS3P30A(S₂)
2210A No.1 試験



(Ph8) MS3P30A(S₁)
2210A No.2 試験後

第 6 図

(3) 試験結果の考察

(a) 供試開閉器の短絡遮断能力

試料MS3P30A(S₂)は異極間でアーク短絡をしたと思われ、(Oc16より判定)音、火花及びガスともに大きく蓋も開いた。同(S₁)は(S₂)に比しヒューズ溶断電流が少いために蓋も開かずアーク短絡もしなかった。

(b) 異極間隔壁の効果

スチロールはペークライトに比べて耐弧性が高く、従つてヒューズ溶断の際のアークに触れてもトラッキングを起さず、導電性を帯びない。隔壁の材質としては一応注目されるものであるが、機械的強度が不十分であると思われる。試験の結果、ヒューズ溶断の際のガス圧で試験全部に亘つてスチロール取付部分の爪が切断しカバーが吹き飛び使用に堪えなくなつた。これはヒューズ溶断の際には異極間にアーク短絡をしなくともガス圧が大であるため小さな爪で隔壁を保持させることは困難であり、ましてアーク短絡をした場合は到低保持することは出来ない。又ヒューズ面が蓋をされるように取付けられている関係上、ガスが電源側に抜け電源側が汚損する欠点がある。又不使用極の汚損は認められないが、カバーが飛んでいるので試料 MS3P30A(b)の結果

と大差なく不安定である。又このようなカバーを取付けるときはヒューズ取替に際し取落したり破損するおそれもあり保守上芳しくない。

(3) 器台に高さ 25mmの隔壁を設けたもの

(1) 開閉器及び隔壁の構造、材質

供試開閉器 HD3P30A の主要部の寸法は第 8 表に示す通りで、開閉機構はスプリングによる速入速断である。

第 8 表 単位mm

寸法箇所	資料の種類	HD 3P 30A
異極間距離(アークの出る所) min		26
遮断距離 min		10
爪付ヒューズ締付ネジ中心間距離		45
爪付ヒューズ取付面の巾 min		13
爪付ヒューズ締付ネジの径		5
函の大きさ		256×162×105

異極間隔壁としては磁器の器台に高さ 25mm の凸部を設けている。ヒューズ部分と開閉部分との間にはファイバーの板状の隔壁を取付けている。

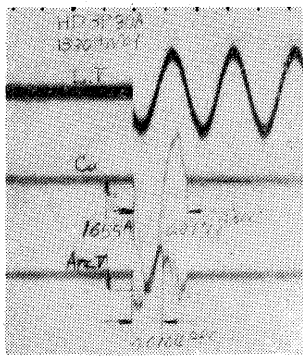
(2) 試験結果

資料 HD 3P30A について短絡遮断試験した結果は第 9 表及び第 7 図に示す通りである。

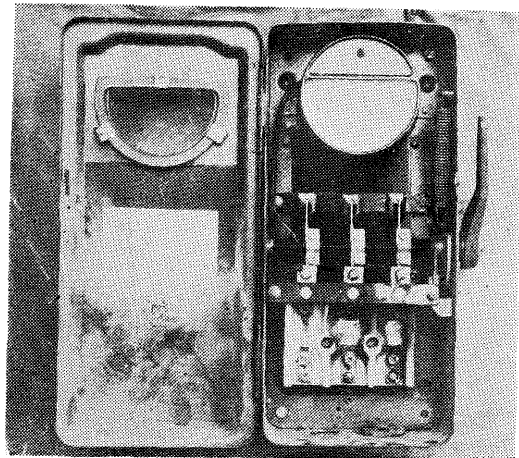
第 9 表 HD3P30A 短絡遮断試験結果

開閉器の種類	試験回数	規約短絡電流	ヒューズ溶断電流	アーク短絡電流	遮断時間	ヒューズ溶断時間
HD 3P 30A	No. 1	1330A	1655A		0.0178秒	0.0104秒
"	" 2	2210	?		?	?
"	" 3	2950	2640	300A	0.0114	0.0078

音響	火花	瓦斯	蓋開閉状況	器台汚損状況	カバー汚損状況	電源側汚損状況	器台カバー破損状況	不使用極汚損状況	絶縁抵抗(最低値)	備考
+	+	+	開かず	+	+	-	-	-	中央極 OMΩ	Oc17, Ph10
+	+	+	"	"	"	"	"	"		
+	+	+	開く	+	+	"	"	"	右中央極 OMΩ	Oc18, Ph11



(Oc17) HD 3P30A
1330A No.1 試験



(Ph11) HD 3P30A 2950A No.3 試験後

第 7 図

(3) 試験結果の考察

(a) 供試開閉器の短絡遮断能力

供試開閉器について規約短絡電流 1330A 及び 2210A での試験では異極間アーク短絡は認められないが、2950A 試験では異極間で僅かにアーク短絡を起した。第3回目試験は2回目試験後器台の清掃をせずにヒューズを取替えて繰返し試験したために異極間でアーク短絡を起し易い状態となつたと思われる。又第1回及び第3回試験後絶縁抵抗を測定した結果、 $0M\Omega$ となつたものがあつたが、ヒューズ溶断の溶粒が器台に一面に附着したためと考えられ器台の溶粒を取つた後では絶縁抵抗は回復した。

(b) 隔壁の効果

電源側及び不使用極の汚損は3回の試験を通じて全くない。従つてヒューズ溶断後の清掃に注意すれば供試開閉器の隔壁は有効に働くものと考えられる。電源側の隔壁に使用しているファイバーについ

ては寿命の点に於てやや疑問がある。

〔Ⅲ〕 金属函の蓋に隔壁を設けた構造のもの

〔1〕 ベークライトカバーを取付た構造のもの

(1) 開閉器及び隔壁の構造、材質

供試開閉器 KG 3p 30A の主要部の寸法については第2表の KG 3P 30A の項に示したものと同様であるが、隔壁にカバ付ナフスイッチの下部カバーに使用しているようなベークライトの下開きのカバーをヒューズ面に取付けたものである。又器台の異極間に溝を設け、隔壁と溝とが適合するようになつている。カバーにはカバー止金具が異極間に2個露出しカバー止具としている。ヒューズ面とカバー裏面との間隔は10mm である。電源側とヒューズ部分との間にもベークライトの隔壁を付している。

(2) 試験結果

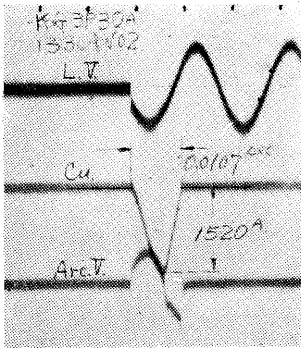
供試開閉器について短絡遮断試験した結果は第10表及び第8図に示した通りである。

第 10 表 K3P30A の短絡遮断試験結果

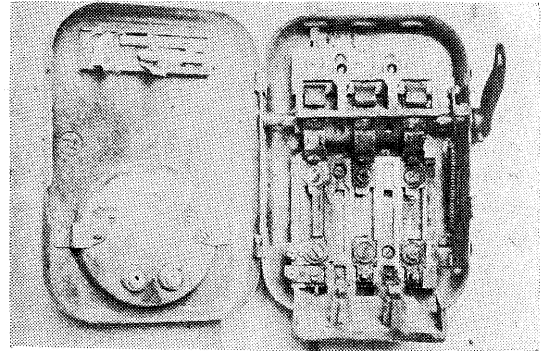
開閉器の種類	試験回数	規約短絡電流	ヒューズ 溶断電流	アーク 短絡電流	遮断時間	ヒューズ 溶断時間
KG 3 30A	No. 1	1330A	1580A		0.0127秒	0.0095秒
〃	〃 2	〃	1520		0.0107	0.0107
〃	〃 4	2210	2090	2530A	0.0070	0.0036

音響	火花	瓦斯	蓋開閉状況	器台汚 損状況	カバ汚 損状況	電源側器台カバ不使用極 汚損状況破損状況汚損状況	絶縁抵抗(最低値)	備考
+	+	≡	開かず	+	±(≡)	-	ケース間 $40M\Omega$	Oc19, Ph12
≡	≡	〃	〃	≡	≡(≡)	-		Oc20
≡	≡	〃	開く	≡	≡	-	全体 $0M\Omega$	Oc21, Ph13

(註) カバー汚損状況の () はベークライトカバーの汚損の程度を示す。



(Oc20) KG3P30A 1330A No.2 試験



(Ph13) KG3P30A 2210A No.4 試験後

第 8 図

(3) 試験結果の考察

(a) 供試験開閉器のヒューズ遮断能力

オシログラフによると規約短絡電流 1330A の試験ではアーク短絡は行っていないが、2210A試験では異極間でアーク短絡をしたために音響、火花、ガスとも大きく蓋が開き溶粒が 3m も飛散した。又器台、蓋（ベークライトカバー共）の汚損は特に甚だしく殆んど導通の状態となつた。

(b) 隔壁の効果

供試験開閉器の第 3 回目試験は隔壁を取付けずに試験した（〔I〕隔壁のない構造のものを参照）ために異極間でアーク短絡をしたが、隔壁を取付けたために規約短絡電流 1330A 試験では 2 回とも異極間アーク短絡は認められず、又不使用極も殆んど汚損せず隔壁を取付けた効果は十分に現れた。しかし 2210A の試験ではヒューズ溶断電流が 2000A 以上も流れたために異極間でアーク短絡をし不使用極も汚損した。KG の隔壁は構造の項で記述したようにベークライトの蓋に取付けられていて、それが器台の溝に適合するようになっていて、ヒューズ溶断の際ガス圧によつてベークライトのカバーが押上げられる状態となるので隔壁と器台との間に隙間が出来そのために異極間でアーク短絡したものと思われる。又カバーの隔壁と溝とが良く適合しカバー止具の保持力が特に充分でないと不使用極が汚損する可能性が多いと思われる。尙カバーの下端はネジによつて固定されているので、ガス圧によりカバーの上端が押上げられるためガスが電源側に吹きその部分が汚損する恐れがある。

(c) 異極間アーク短絡の可能性

供試験開閉器のベークライトカバー止具として異極間に金属の止金具を使用しているが、ヒューズ溶断

のガス圧でベークライトカバーが押上げられる時にはこの止金具が露出し、その止金具によつてアーク短絡の媒介をする危険性がある。又ベークライトはアークによりその触れた部分がトラッキングを起し数回繰返し遮断すれば導電性となつて着火し火災の原因となる可能性がある。

[2] 高さ 15mm のベークライトの隔壁を設けた構造のもの

(1) 開閉器及び隔壁の構造、材質

供試験開閉器 KU3P30A(小)は金属函の蓋に電流計を取付けたもので主要部の寸法は第 11 表に示す通りで、開閉器投入の位置で蓋が開かない構造である。

第 11 表

単位 mm

寸法箇所	資料の種類	KU3P30A(小)
異極間距離(アークの出る所) min		16
遮断距離 min		10
爪付ヒューズ締付ネジ中心間距離		45
爪付ヒューズ取付面の巾 min		12.5
爪付ヒューズ締付ネジの径 min		5
函の大きさ		180×120×63

隔壁は電流計の裏面にベークライトで 15mm の高さに取付けられている。器台には異極間に溝を設けて隔壁と溝が適合するようになっていて。

(2) 試験結果

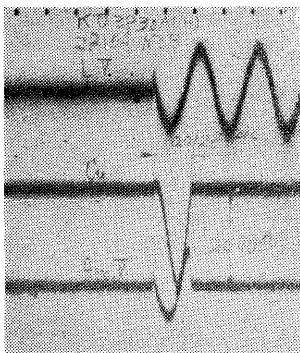
供試験開閉器について短絡遮断試験した結果は第 12 表及び第 9 図に示す通りである。

第 12 表 KU3P30A(小)の短絡遮断試験結果

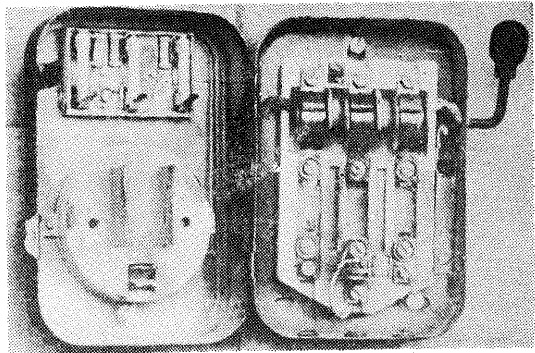
開閉器の種類	試験回数	規約短絡電流	ヒューズ 溶断電流	アーク 短絡電流	遮断時間	ヒューズ 溶断時間
KU 3P30A(小) a	No. 1	1330A	1650A		0.0075秒	0.0075秒
〃 b	No. 1	〃	1480		0.0103	0.0103
〃	〃 2	〃	1480		0.0046	0.0046
〃	〃 3	2210	2490		0.0128	0.0128
〃	〃 4	2950	3000	4080A	0.0124	0.00698

音響	火花	瓦斯	蓋開閉状況	器台汚 損状況	カバー汚 損状況	電源側 汚損状況	カバー 破損状況	不使用極 汚損状況	絶縁抵抗(最低値)	備 考
+	+	≡	開 か ず	+	±	-	-	-	ケース間 28MΩ	Oc22, Ph14
〃	〃	+	〃	〃	〃	〃	〃	〃		Oc23
≡	≡	≡	〃	〃	〃	〃	〃	〃		Oc24
+	+	+	〃	≡	≡	〃	〃	〃		Oc25
≡	≡	≡	〃	≡	〃	±	器台+	+		Oc26, Ph15

(註) KU3P30A(小)の(a)(b)は同種の資料である。



(Oc25) KU3P30A(小)b 2210A No. 3 試験



(Ph15) KU3P30A(小)b 2950A No. 4 試験後

第 9 図

(3) 試験結果の考察

(a) 供試開閉器の短絡遮断能力

規約短絡電流1330A及び2210A短絡試験では異極間アーク短絡は認められない。しかし2950Aの短絡試験ではアーク短絡した。蓋は投入時には緊錠装置を施してあるので開かなかつたが、蓋に取付けた部分の付根が半分切断した。器台、カバーは大分汚損したが絶縁は低下しなかつた。しかし器台の一部がアークの為に破損した。

(b) 隔壁の効果

規約短絡電流2950Aの試験を除いて不使用極の汚損は見られなかつた。これは隔壁と器台の溝との適合が良好であるためであるが、4回目のように溶断電流が3000Aも流れた場合にはヒューズ溶断のガス圧が特に大きく、蓋が押上げられるため隔壁と溝との隙間ができそこよりアーク短絡をするものと思わ

れる。

(c) ベークライト隔壁の危険性

ベークライトがアークのためにその触れた部分がトラッキングを起すことは前にも述べたのであるが、特にヒューズ締付ネジ上部附近の隔壁はアークのためにトラッキングを起し易く、ヒューズを取替えて繰返し遮断すれば遂には導電性を帯び異極間アーク短絡の媒介をする危険性がある。従つてヒューズ部分の隔壁にベークライトを使用することは好ましくない。

[3] 石綿で高さ40mmの隔壁を設けたもの

(1) 開閉器及び隔壁の構造、材質

供試開閉器 MK 3P30A は下開きの金属函の開閉器で、蓋を閉じた後開かないように鉤をする構造である。主要部の寸法を示せば第13表の通りである。

第 13 表

単位mm

寸法箇所	資料の種類	MK3P30A
異極間距離(アークの出る所) min		32
遮 断 距 離 min		24
爪付ヒューズ締付ネジ中心間距離		42
爪付ヒューズ取付面の巾 min		13
爪付ヒューズ締付ネジの径 min		5
函 の 大 き さ		247×138×89

隔壁は蓋の裏面に取付けられ石綿製で高さは40mmあり、電源側とヒューズ部分との間も区切られている。ヒューズ取付部分は器台より10mmの高さの位置に取付けられているため、異極間に溝を設けたと同様な構造で隔壁は溝の部分に挿入されるようになってい

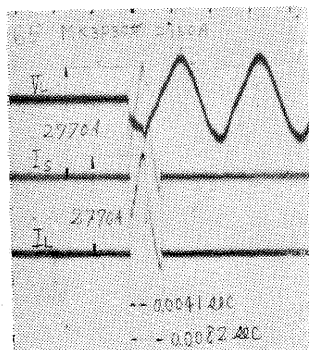
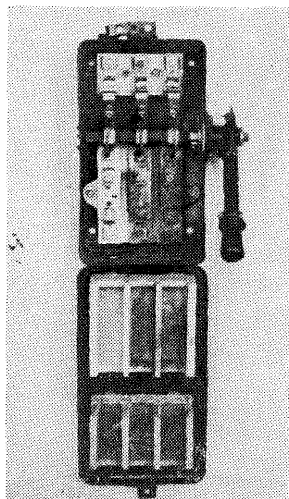
(2) 試験結果

供試開閉器について短絡遮断試験した結果は第14表及び第10図に示す通りである。

第 14 表 MK3P30Aの短絡遮断試験結果

開閉器の種類	試験回数	規約短絡電流	ヒューズ 溶断電流	アーク 短絡電流	遮断時間	ヒューズ 溶断時間
MK3P30A	N. 1	2650A	2900A	3350A	0.008 秒	0.003 秒
〃	〃 2	2210	2080		0.007	0.004
〃	〃 3	2950	2770		0.011	0.0054
〃	〃 4	〃	2770		0.0082	0.0041

音響	火花	瓦斯	蓋開閉状況	器台汚 損状況	カバ汚 損状況	電 源 側 汚損状況	器台カバ 破損状況	不使用極 汚損状況	絶縁抵抗(最低値)	備 考
⊕	⊕	⊕	開 く	+	+	-	-	-	右中央極 ∞	Oc27
⊕	⊕	⊕	開 か ず	⊕	〃	〃	〃	〃	右 極 0.6MΩ	Oc28
⊕	〃	⊕	〃	〃	⊕	〃	〃	〃	右 極 1.5MΩ	Oc29
〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	右 極 0.1MΩ	Oc30, Ph16

(Oc30) MK3P30A
2950A No. 4 試験(Ph16) MK 3P30A →
2950A No. 4 試験後

第 10 図

(3) 試験結果の考察

(a) 供試開閉器の短絡遮断能力

試料 MK 3P30A について試験した結果、1 回目の試験では蓋が開いて異極間にアーク短絡をした。しかし 2 回目よりは蓋の締めかたを完全にしたので

開かず全然アーク短絡は認められない。音響火花、ガスは一般に大きい。

(b) 隔壁の効果

不使用極の汚損は全然見られず隔壁は十分その目的を達していると思われるが、隔壁を蓋側に取付けた構造は溶断電流が大きい場合には蓋が開く恐れがあり、若し開いた場合には 1 回目のように異極間アーク短絡の現象を生ずる恐れがある。従つて蓋の緊錠装置を特に頑丈にする必要がある。石綿は絶縁材としては高度のものであるが、その材質によつては耐弧性の低いものがあり材質の選択を厳重にすべきだと思う。

【D】結 語

以上 250V3P30A の金属函開閉器の短絡遮断試験を実施した結果を隔壁の種類について検討したのであるが、隔壁のない構造のものは試料全部が異極間でアーク短絡し、開閉器自体の汚損も甚だしく工場及び事業場には危険である。この構造のものでは開放ナイフスイッチの規格のものを金属函の中に収めている

ので、開放ナイフスイッチとして使用すれば十分堪え得るのであるが金属函の中に収めるとヒューズ溶断のガスが函内に充満し、異極間アーク短絡を起し易くなる。それ故このような構造のものは異極間を十分広く保つか、又は異極間に隔壁を設ける構造としなければならない。又隔壁を設けた構造は種々あるが、試験結果より次のものが良いと思われる。

(1) 隔壁の高さ

異極間でアーク短絡せず、不使用極が全然汚損しないような隔壁の高さは隔壁が器台にあるものでは、HDのような高さ25mm以上の隔壁をもつものが良いと思われる。併しヒューズ溶断の際、器台の清掃をせずヒューズのみ取替えて2500A以上の短絡電流を流した場合には異極間でアーク短絡する危険性があり、ヒューズ溶断の際には溶粒及びその他の汚損を清掃し器台の絶縁抵抗を十分に回復した後使用しなければならない。MSの10mmの隔壁では非常に不安定でヒューズ溶断電流が1500A前後でも異極間でアーク短絡する危険性がある。

(2) 隔壁の材質

隔壁の材質としてベークライトはアークに触れた部分がトラッキング現象を起して導電性を帯び異極間アーク短絡の媒介をし、又火災の危険性があるので好ましくない。尿素樹脂及びファイバーはベークライトに比し耐弧性は良好と思われるが、吸湿その他耐久性の点で更に研究の余地がある。磁器はアークに対しては強く材質及び上塗りに注意すれば隔壁の材質としては

良好と思われる。又石棉は材質としては比較的良好であり、硬質塩化ビニールも今後検討して使用する余地がある。

(3) 隔壁の取付位置

隔壁を蓋に取付けたもの、KU(小)、KG、MKはヒューズ溶断の際のガス圧によつて蓋が開いた場合には異極間でアーク短絡をしている。この構造のものは開閉器投入の位置でガス圧で蓋が開かないような堅牢な緊錠装置を施すべきである。

(4) 充電部分の異極間距離

異極間に隔壁を設けたものでも電源側の導電部又はヒューズ締付ネジ部分での異極間距離が短いためその部分でアーク短絡したと思われるもの(第4表MS(b)の3回目試験参照)がある。電源側の充電部分についても十分な異極間距離を保つか、又はその部分の隔壁を十分な高さにする必要があると思われる。

(5) その他

開閉器の取扱上並びに保守上ヒューズの取替えが容易に出来るものが望ましい。MS(a)及びHDのように上部のヒューズ締付ネジの周囲が特に狭かつたり、開路した場合にハンドルのクロスバーが邪魔になる構造のものは改良を要する。

現在工場、事業場では開閉器の構造が貧弱でこれらの現場での使用に適さないものが多く、殊にその短絡電流及び操作者の安全に対する考慮が極めて少い。開閉器の製作者も使用者も実情を認識し、現場に適した安全な開閉器を製作し、又使用することが望ましい。

(電気課)