

交流エレベータ用DF形接触器

New Type DF Contactors for A. C. Elevators

石 塚 泰 司*
Taiji Ishizuka

内 容 梗 概

従来の交流エレベータの主接触器には、交流励磁・盤取付のAP形接触器が用いられていたが、今般まったく新しい構想のDF形接触器が完成し使用されることになった。DF形接触器には11kW以下用のDF-M形と、それをほぼ相似拡大した15~22kW用のDF-L形との2種類がある。

いずれも直流励磁・フレーム取付形で、補助回路は表面配線式となっている。また接点材料には、固定側にメタリック・カーボン、可動側に硬銅板を用い、マグネットもピンレス方式を採用している。そのほか全般的にプレスおよびモールド製部品を活用して、均一性を高め、かつ保守が容易なように考慮してある。特にチャタリングに対しては、構造そのほか細部にわたって防止策が施してあるので、実用寿命は非常に長い。

1. 緒 言

縦の交通機関として人命をあずかるエレベータは、とくに安全性が重要視される。しかも、エレベータは日に数千回の起動・停止を繰返し、その負荷も乗客・積載量の多寡によってさまざまである。このようなきびしい使用条件にも十分耐え、安全・確実に動作を続けることが接触器に要求される。接触器の接点は、エレベータ各部のうち最も消耗がはげしく、寿命が短かいとされている。しかしエレベータ1台当りに使用される接点の数は数千に上り、その保守・点検・取替えに非常な手数を要する。日立製作所では関係会社日立ビルディングサービス株式会社をして、専門にエレベータ納入後の巡回保守を行わせているが、接触器はある一定期間、無手入のままでも支障なく動作を続けることが必要である。

一方最近エレベータの仕様は、年々高級化しつつある。したがって装置も複雑となり、多数の接触器を使用するため、その大きさを極力ちぢめることが望まれている。

日立製作所では、古くから交流エレベータ用にAP形接触器、直流エレベータ用にDP形接触器を使用していたが、エレベータの発達進歩にともない、これら制御器、接触器にも改良を加えて、性能の向上を計るよう日夜努力を続けている。今般その一環として、交流エレベータ用DF形接触器(第1, 2図)を開発したので、ここにその概要を紹介する。

2. DF形接触器の構造と特長

2.1 定格と特長

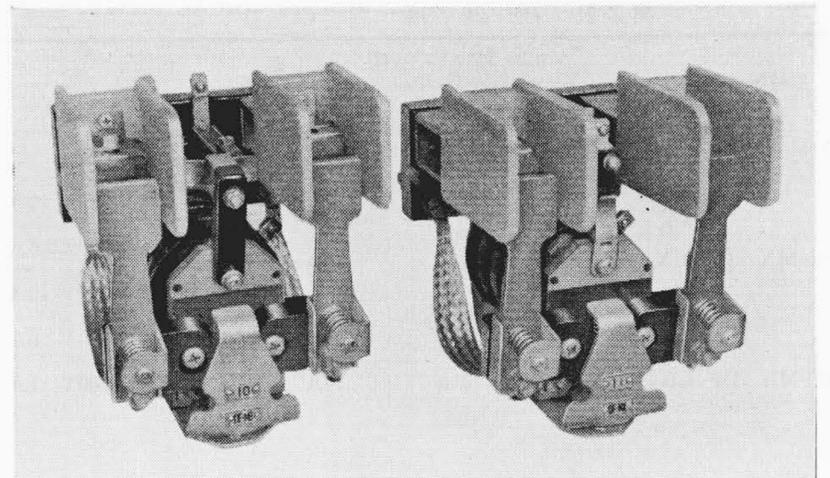
DF形接触器は、巻揚用交流電動機の1次あるいは2次回路を直接開閉して、エレベータの起動、停止および加減速を制御するものである。これには第1表に示すとおり11kW以下用のDF-M形と、それを相似拡大した15~22kW用のDF-L形との2種類があり、次のような特長を有している。

- (1) コイルは直流励磁である。
- (2) フレーム取付形である。
- (3) マグネットはピンレスのナイフ・エッジ形である。
- (4) 補助回路の可動部を結ぶリード線がなく、また表面配線式である。
- (5) 構造上、特にチャタリングが起きないように考慮されている。

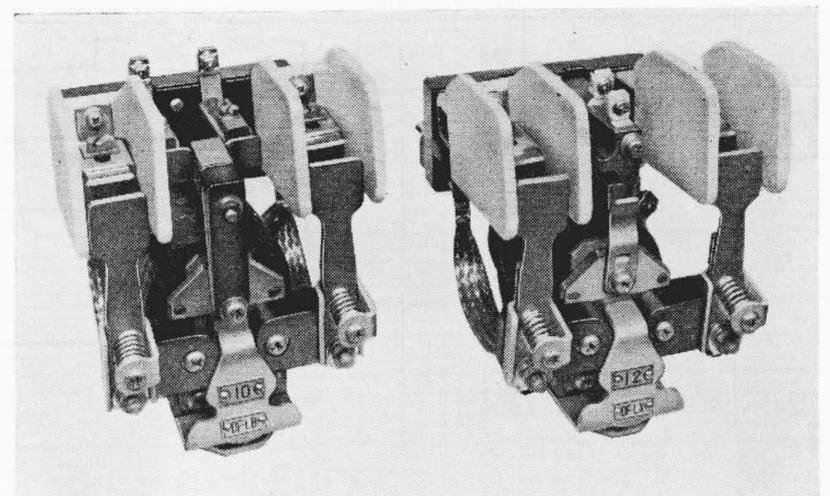
そのほか随所に新規の構想がおりこまれている。

(特許・実用新案出願中7件)

* 日立製作所国分工場



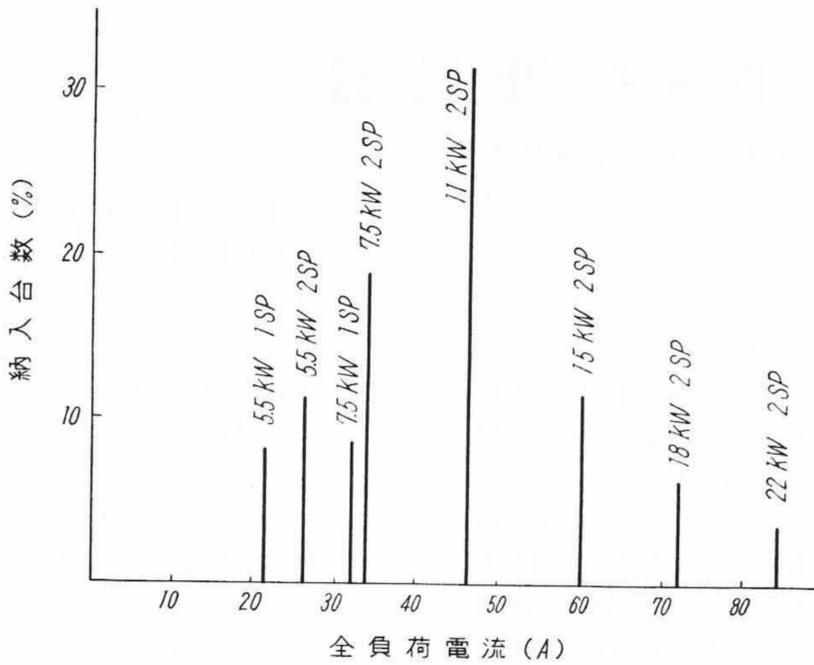
左は DF-MB 形 右は DF-MX 形
第1図 DF-M形接触器



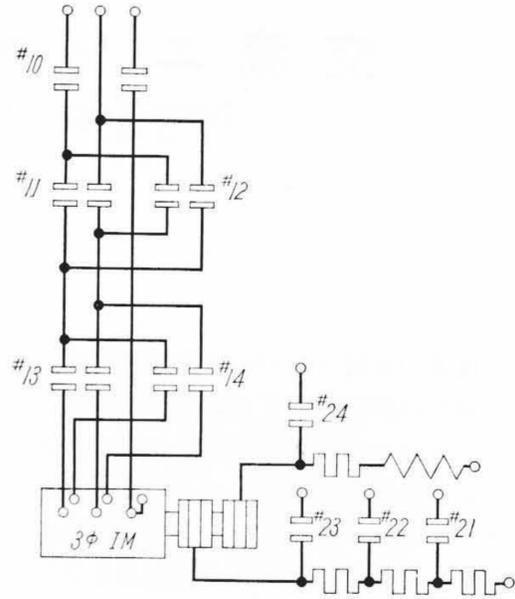
左は DF-LB 形 右は DF-LX 形
第2図 DF-L形接触器

第1表 接触器の仕様

形 式		DF-M		DF-L	
操作回路	定 格	連 続		連 続	
	電 圧	DC 80 V		DC 80 V	
主 回 路	定格容量	11kW 以下		15~22 kW	
	定格電圧	200V	400V	200V	400V
	定格電流	50A	25A	85A	43A
	投入・遮断電流	250A	125A	425A	215A
開 閉 ひ ん 度		1,200回/h		1,200回/h	
寿 命	電 氣 的	50万回以上		50万回以上	
	機 械 的	500万回以上		500万回以上	
JIS による級号種別		B級1号1種		B級1号1種	



第 3 図 交流エレベータの納入実績



第 4 図 交流エレベータのモータ回路

第 2 表 補助接点の仕様

接触器の形式	補助接点			
	形式	極数	連続通電容量	遮断容量
DF-M DF-L	補助接点なし			
DF-MX DF-LX	X形	2 a	10A	DC 抵抗負荷 110V 10A
		1 a + 1 b		DC 誘導負荷 110V 0.6A
DF-MB DF-LB	B形	1 a	10A	AC 抵抗負荷 200V 10A
				DC 誘導負荷 300V 1A

第 3 表 DF-M 形接触器の責務表

ctt#	名称	使用モータ (kW)	接点の担当				電流変化 (数字は Amp)
			高速開	低速開	高速閉	低速閉	
10	主	11	○				75, 100, 110, 120, 80, 40, 45, 25
11, 12	昇降	11				○	75, 100, 110, 120, 80, 40, 45, 25
13	高速	11	○	○			75, 100, 110, 120, 80, 40
14	低速	11		○			45, 25
21~23	加速	11	○				70, 95, 105, 115, 75, 38
24	減速	11		○			50

したがって、軽量、小形、静粛でかつ長い寿命をもち、現地の保守の手間が相当緩和される結果となる。

DF-M形・DF-L形両接触器とも、第2表のようにX形およびB形の補助接点を取付けることができる。X形は接点材料に銀を使用し、2 aあるいは1 a + 1 bに組替可能で、エレベータの一般制御回路の開閉に使用される。一方B形補助接点は、特にエレベータのブレーキ回路などインダクタンスの大きい回路に用いられ、銅対メタリック・カーボンの接触子材料からなり、二重切り構造で、熔着による開路不能事故を防いでいる。

2.2 定格電流

日立製作所では、交流エレベータの電動機として、その種別は一段速度と二段速度の2種類、容量は 5.5, 7.5, 11, 15, 18, 22 kW などを標準としているが、過去一定期間の交流エレベータの納入実績を、そのモータの種別、容量ごとに分類してみると第3図のとおりである。このように、11 kW 二段速度のものが大部分を占め、しかも

DF-M 形接触器にとっては、最もひどい使用条件であるので、その場合の DF-M 形接触器の接点に課せられる投入、遮断などの電流状態をしらべてみる。

第4図は 11 kW モータを二段速度エレベータに用いた場合の回路図である。このエレベータを全負荷で運転したとき、第4図の各接触器の責務は、あらまし第3表のようになる、ただし第3表中接点の担当欄の○印および電流変化欄の┐印は、その接触器が、その電流の遮断または投入を負担することを示す。

以上のように、DF-M 形接触器の接点は、投入 100 A、遮断 50 A となりエレベータの運転率を考慮に入れると連続換算 50 A が実際の最大責務となる。同様に DF-L 形接触器は、投入 170 A、遮断 85 A、連続換算 85 A となる。これらの電流は 200 V 級電動機における値であり、400 V の場合は大略その 1/2 となる。

2.3 固定接触子

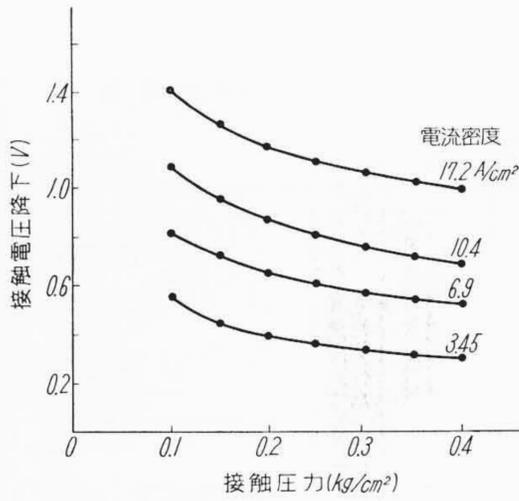
一般に接触器の接点に関して問題になるのは、熔着、接触抵抗、消耗の3項目であるが、用途をエレベータと限定した場合、それは人命をあずかるという理由から、無熔着が第1の条件となる。この意味から、エレベータの接触子材料にはまずカーボンが推奨される。

いわゆるカーボンには、グラファイト・カーボンとメタリック・カーボンとがあり、それぞれについて、相手側

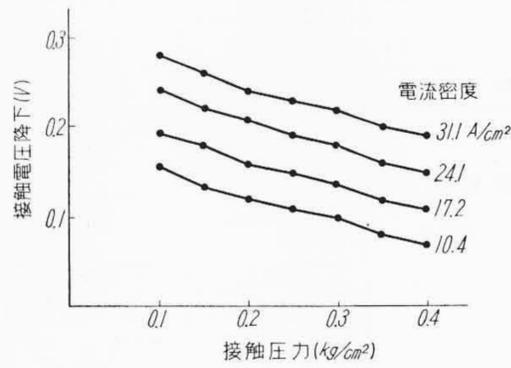
接触子を銅とした場合接触圧力および電流密度を種々変化したときの、接触電圧降下は第5、6図のようになる。従来のエレベータの主接触器にはグラファイト・カーボンを使用していたが、これをメタリック・カーボンに置き換えれば、その接触抵抗は約20%以下となり、その形状を著しく小さくできる。一方メタリック・カーボンはグラファイト・カーボンに比し、硬度、融点が低いので、アークによる消耗がはげしいが、可動接点を小形軽量化することにより、投入時のチャタリングは軽減し、寿命を長くすることができる。このような考え方から、DF形接触器の固定接触子には銅を主材としたメタリック・カーボン MH 130を採用している。

2.4 可動接触子

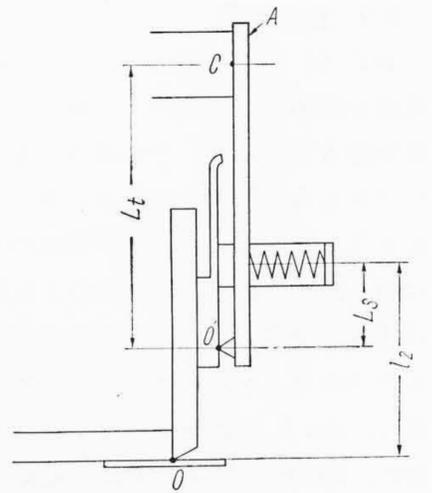
可動接触子はリード線付フィンガ形であるがいま第7図において、
 θ_m : 衝突後第1回目の最大偏位角度 (rad)
 J_o : AのOまわりの慣性モーメント (cm²-kg)
 W_o : 衝突直前のAのOまわりの角速度 (rad/s)



第5図 GH 125 対銅の接触電圧降下



第6図 MH 130 対銅の接触電圧降下



第7図 チャタリング説明図

L_t : O' と接触点C間の距離 (cm)
 P_i : 接触点Cにおける接触初圧 (kg)
 e : 反ばつ係数

とおけば、接点が衝突し反ばつ後、第1回のチャタリングとして表われる θ_m は

$$\theta_m = \frac{e^2 J_o W_o^2}{2 L_t P_i}$$

で表わされる。

この考えをもとに、チャタリングを防止するための実際構造として、

- (1) 慣性モーメントを小さくすること。
- (2) 接触初圧、終圧はマグネット・プルの許す範囲内で大きくすること。
- (3) 接触子のある程度長くすること。
- (4) 接触後のしゅう動量をわずかに設けること。
- (5) 接点开離寸法を極力小さくし、投入速度を低くすること。

などが考慮されている。

また、その材料にも硬銅板を使用し、固定接触子側に消耗を集約させ、可動接触子の必要重量を減じて、チャタリングを防止するよう考慮してある。

万一消耗が進み、片当り接触して接触面積が小さくなると、電流密度がふえ、局部的に過熱することも考えられる。銅は約80°C以上になると、絶縁性酸化被膜の形成が進み、そのため加速的に接触不良へと発展するおそれがあるからである。DF形接触器はこの点十分考慮されており、たとえワイプが減じたのちでも、見掛接触面の1/3以上が実際に接触しておりさえすれば、実用上支障はない。

2.5 直流励磁

マグネットには、交・直2種の励磁方式が考えられ、これを比較すると、直流励磁の有利な点は下記のとおりである。

- (1) コアは積層の要なく、またくま取線輪が不必要であること。
- (2) 鉄損による発熱が僅小なので、磁束密度を高めて使用でき、コアが小形になること。
- (3) 当り面にレマネンス・ギャップを設けうるので、残留磁気を完全に防止できること。
- (4) インダクタンスのため、投入動作がゆるやかであること。
- (5) 励磁中静粛であること。

などであり、DF形接触器は、特に保守の簡単なことと、チャタリングの軽減されることをねらって、直流励磁方式を採用している。

したがって、従来の交流励磁方式のAP形接触器に設けられていたダッシュ・ポットは不用となり、特に加減速接触器として時限投入したい場合には、別個にタイムリレーを設けることとした。

3. DF形接触器の特性

3.1 動作特性

DF-M形およびDF-L形接触器の動作特性を第4表に示す。ただし常用電流とは、コイルを定格電圧で連続励磁したのち、コイルの温度上昇が飽和しきったとき、すなわち熱状態における、定格電圧での励磁電流をいう。また起動電流は熱状態の最高起動電流の常用電流に対する%であり、釈放電流は冷状態の最低値の%である。JISでは、起動電流が80%以下、釈放電流は10~50%と規定されている。

また起動遅延とは、熱状態において、定格電圧で励磁を始めた場合の時間の遅れをいい、釈放遅延とは冷状態での励磁を中断したときのそれである。

なおコイルは、DF-M形、DF-L形接触器とも、定格で連続励磁したのちの温度上昇が、抵抗法で最大45°C以下となっている。

第4表 動作特性一覧表

形式	補助接点	起動電流 (%)	釈放電流 (%)	常用電流 (A)	起動遅延 (s)	釈放遅延 (s)
DF-M	ナシ	70.3	12.5	0.157	約0.10	約0.04
DF-MX	1 a + 1 b	71.1	16.9	0.157	約0.10	約0.04
	2 a	73.6	19.4	0.157	約0.10	約0.04
DF-MB	1 a	74.0	20.6	0.157	約0.10	約0.04
DF-L	ナシ	69.0	11.3	0.180	約0.20	約0.06
DF-LX	1 a + 1 b	71.2	13.1	0.180	約0.20	約0.06
	2 a	71.7	13.8	0.180	約0.20	約0.06
DF-LB	1 a	72.1	15.0	0.180	約0.20	約0.06

第5表 DF-M形接触器主接点の温度上昇

No	試験項目	試験仕様	連続換算電流 (A)	最終温度上昇(°C)		
				リード線	固定接触子	
				最低	最高	
1	連続通電	50A	50	13	23	26
2	投入・遮断	50A 6秒→6秒	37	6	10	22
3	投入・遮断	150A 6秒→6秒	106	27	34	42
4	投入のみ	250A 0.2秒→2.0秒	79	16	34	36
5	遮断のみ	250A 0.2秒→1.2秒	32	7	12.5	13.5
6	投入・遮断	100A 2秒→4秒→6秒	50	11	15	24
7	投入・遮断	250A 0.1秒→1.4秒→1.5秒	57	14	21	35

3.2 接点容量

DF-M 形接触器について、各種の電流を開閉した場合の主回路の温度上昇を第 5 表に示す。その場合の電圧はいずれも A. C 200V である。また負荷にリアクタを用いたので、電流の力率は 0.4 以下である。同試験のうち No.1 は JIS に規定された開閉試験に準じたものであり、No. 4 は閉路電流容量試験に、No. 5 は遮断電流容量試験の B 級に、No. 6 は開閉ひんぱん度試験の B 級に、No. 7 は参考までにその A 級に準じて行ったものである。

このように、JIS にもとづいた各種試験を行った結果、温度上昇をはじめすべて支障なく、投入・遮断容量は B 級に余裕をもって合格するものであることを確認した。

3.3 チャタリング

一般に接触器の実用上の価値は、その接点の寿命の長短によって左右されることが多い、特に本接触器のように接点にメタリック・カーボンを用いるものにおいては、その硬度、融点が低いため、ほかの接触器に比して、消耗がはげしいことが想像されるので、極力この消耗を低減しなければならない。

接点の消耗を原因別に分けると、そのおもなものは次のとおりである。

- 機械的消耗 (1) しゅう動、摩擦による消耗
- (2) 投入時の衝突による欠損
- 電氣的消耗 (3) 投入時のチャタリングで生ずるアークによる消耗
- (4) 遮断時のアークによる消耗

以上のうち、(3)が消耗の大部分を占めることが経験上判明している。したがって、種々チャタリングの防止策について研究した結果、各種の接触圧力に対するチャタリングは第 8 図に示すとおりで、接触圧力の強化による効果が特に顕著であった。

すなわち第 8 図は 4 種のワイプ・スプリングについて、それぞれ 120, 100, 80% 電圧で励磁した場合の、同一接点のチャタリングを 3 回ずつ撮影した結果をまとめたものである。No. 1, 2 のスプリングのチャタリングはやや多いが、No. 3, 4 は相当低減し、かつ安定している。DF-M 形接触器には No. 4 のスプリングを用いているが、使用中消耗が進みワイプが減って、No. 3 の状態に近づくこともありうる。

第 8 図中、最右欄は、従来標準として使用していた交流励磁 AP 形接触器の場合であり、これと比較すれば、チャタリングに関し DF 形接触器は、数段改善されていることがわかる。

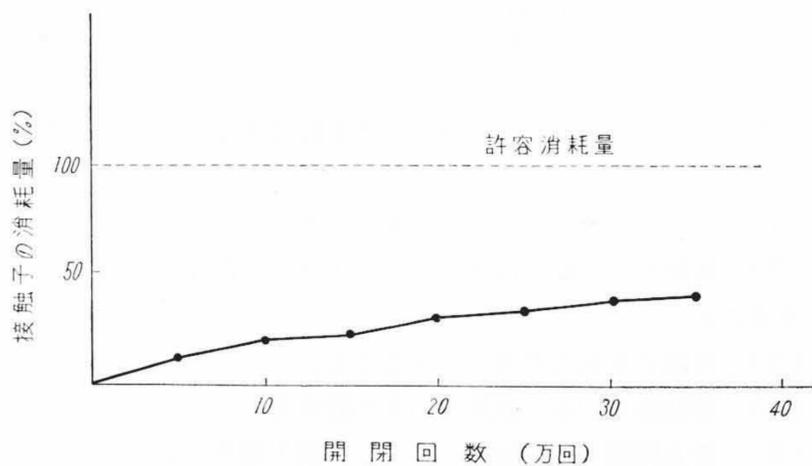
3.4 寿 命

このように各方向から接触器の性能を試験したのち、その寿命についても厳密入念に試験した。まず機械的寿命試験として、無負荷、1200回/h のひんぱん度で、昼夜連続して起動、積放を続けたが、500万回をこえたのちでもななら支障は起らず、起動、積放電流特性も、初期に対しわずか 2~3% 変化したにすぎなかった。

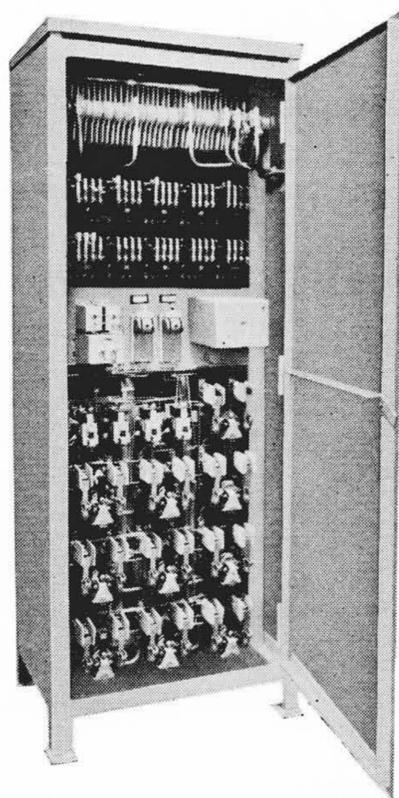
また電氣的寿命試験として、工場においてリアクタを用い、実際の最大負荷に相当する電流を開閉し、50万回以上の寿命をもつことを確認した。さらに社内二、三のエレベータに試用して、実負荷での寿命試験を開始し、目下継続中であるが、35万回をすぎた今日、最も消耗のはげしい接触器でさえも、第 10 図のとおりで、許容消

ワイプスプリング	DF-M 形 接 触 器				AP 形 接 触 器
	No.1	No.2	No.3	No.4	
初 圧	0.16 kg	0.44 kg	0.60 kg	0.73 kg	
終 圧	0.27 kg	0.74 kg	0.95 kg	1.12 kg	
励磁電圧 120%					
励磁電圧 100%					
励磁電圧 80%					

第 8 図 チャタリングの OSC



第 9 図 DF-M 形 接触器の消耗実例



第 10 図 DF 形接触器を用いた制御盤

耗量の約 50% が消耗したにすぎない。

4. 結 言

以上概略記述したとおり、今般完成した DF 形接触器は設計当初から、チャタリングを軽減するよう考慮がはらわれており、その結果実用寿命は 50 万回をこえる。これは現地エレベータにとって約 10 箇月に相当し、保守の手間はかなり軽減されることになる。また盤所要面積は従来の AP 形接触器にくらべ、約 50% に縮小された。

DF 形接触器はその量産態勢もとのい、34 年 9 月からいっせいに各地エレベータに使用され好評を博している(第 10 図)。

参 考 文 献

- (1) 森泉：日立評論 27, 79 (昭 19-2)
- (2) 桧垣, 松村, 宮沢：日立評論 39, 775 (昭 32-7)