交流側のインピーダンスの大きい単相全波整流器回路

Single-Phase Full Wave Rectifying Circuit with Large Impedance in A.C. Line

岩田幸二* Kōji Iwata

内 容 梗 概

単相全波整流回路に対する模擬回路を交流電化区間における電気機関車を対象にして作り,この回路を使用 して実験した結果,重なり角uから変圧器入力端子の力率を決めること以外はすべて正弦波電圧,電流に対す る交流理論によって各部の電流電圧を決定することができることがわかった。このような方法で実用上十分な 精度で直流電圧などが決定されることについて報告する。

_____ 9 ____

1. 緒 言

最近の鉄道の電化方式にはその経済的優位などの特長から交流に よる電化が促進されており,昭和34年東北本線黒磯一福島が完成, 引続き仙台までの延長,鹿児島本線,常磐線などの交流電化が進め られている。

そして交流電気機関車としては主として整流器式が採用されてい る。このような交流電気機関車において整流器を用いる場合,機関 車用の整流器変圧器は重量の関係などから地上用のものに対し比較 的インピーダンスが大きくなる。また交流側は架線に接続されるの で、一般地上用整流器に比べ変圧器の一次側のインピーダンスがき わめて大きい。さらにこの架線における電圧降下を補償するため、 一般の電力送電回路の電圧変動率を減少する方法としてよく用いら れる直列コンデンサのそう入を行っている。また直流リアクトルも 大きさの制限を受け、そのため直流電流の脈動も比較的に多い。た とえば、東北本線で使用されている交流電気機関車 ED-71 形では定 格負荷付近で約27%程度の脈動率となっている。



そのため整流器の重なり角,電圧変動などは,従来の整流器回路の 取扱いとはややその趣が相違する。特に水銀整流器式の場合に電力 回生制動を行うようなときを考えるとこの問題は非常に重大なもの になってくる。回生制動を対象とする逆変換の場合は今後の問題で あるとしても,さしあたり,電気機関車の出力,走行特性の決定な どのためには整流器の直流出力電圧や,架線の電圧降下,送電端に おける力率などを知る必要がある。

最近このような交流電気機関車を対象として直列コンデンサのあ る場合⁽¹⁾や直流に脈流のある場合⁽²⁾⁽³⁾の整流器回路について二,三 の報告がなされているが,いずれも直流電圧の算定を比較的簡単に 行うという目的には不十分であると考え,昭和34年来筆者は,整流 器模擬回路により,この種整流器回路の研究を進めてきた。その第 一段階としてこの種回路の順変換の場合における重なり角,電圧,電 流など諸元の測定結果から直流電圧を比較的正確かつ簡単にあたえ る方法を導き出すことを試みた。またこれにともない直列コンデン サや交流フィルタ (交流側への高調波電流を減少させるために整流 器変圧器の直流側にそう入されている CR 回路である。以下 ACF と記す。)の影響,回路力率,架線電圧降下,格子制御の有無による

第1図 研究に使用した整流器の模擬回路



第2図 整流器模擬回路中の給電線組立

の写真である。左側から電源および給電線部,順変換器部(格子制 御なし)2台,順,逆変換器部(格子制御つき)2台からなっており, その相互作用をも研究するようにした。また増設,変更に便利なよ うに各部別個のキュービクルとした。給電源部分は,架線1km に 相当するインピーダンスを単位とし¹/5まで調整可能とした。このイ ンピーダンスは無誘導形の抵抗と空心のインダクタンスから構成し た。第2図は福島一二本松間の架線を組立中の写真である。この回

相違,などについて検討を加えた。

2. 整流器模擬回路

2.1 模 擬 回 路
 本実験に先だちこの整流器回路の解析には模擬回路を用いること
 が有利であると考え整流器模擬回路を試作した。第1図は試作回路
 * 日立製作所日立研究所

路では格子制御をする整流器として制御極付シリコン整流器で計画 したが、都合によりさしあたり格子制御放電管(5G44)を用いた。 この回路の大要は第3図のとおりであり、以下の解析にて用いる 種々の符号は本文中特にことわらない場合もこの第3図および第1 表に示すとおりである。 よく知られているようにこのような回路の転流リアクタンス X⁽¹⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾は 1254 昭和35年12月

日 立 評 論 第 42 巻 第 12 号



— 10 —

す
オ
オ

である。ここに RP, R2 は変圧器の一次, 二次の巻線抵抗である。 転流リアクタンスの場合は一次,二次を別々に考える必要はないが, この場合は別々に考える必要がある。このRとIaの積が抵抗電圧 降下になる。

となる。ここで X₂ は整流器変圧器の二次側(CC' 端子) から測定し た変圧器のリアクタンスの1/2であり、一次側と二次側の和になって いる。

またこの回路において抵抗電圧降下を考える場合、前記転流リア クタンスに対応して直流側で考慮されるべき抵抗 R は

2.2 模擬回路による実験結果 回路の解析に先だち、この模擬回路の実物回路に対する等価性を 調べるため、東北本線黒磯一福島間で行われた、ED 71 形電気機関 車の特性試験のとき、パンタ点電圧 E1, 直流電圧 Ed, 直流電流 Id, および重なり角uを各地点で測定した。 模擬回路の給電源部は福島一二本松間 22.8 km に組立て,送電端

電圧 Eを一定として、 I_d 、パンタ点位置、を変化して E_d 、 E_1 、uを

700 (測定値) (V) 0 (Λ) 600 (現地測定値) 700 Ð 直流電圧 Ē. 直派邮任 500 Ð 650 Ø 400 500 600 400 700 直流電圧(計算値)(Ⅴ) 600 第8図 ED71電気機関車の18/ッチ運転中の直 600 650 700 流電圧(福島一白河間)と(3)式により計算した 直流電圧(模擬回路測定值)(V) 直流電圧の比較 第6図 ED71電気機関車の21ノッチ運転中の直 流電圧(福島―白河間)と模擬回路により求めた 同一条件における直流電圧の比較 ZF

交流側のインピーダンスの大きい単相全波整流器回路

1255



一条件における重り角の比較

測定した。

模擬回路における E_d , E, u の測定値は送電端電圧が 20 kV に 相当しているので,上記現地測定値と比較する場合は 20 kV に換算 する必要がある。そのため模擬回路により,送電端からの距離 D(km)と I_a により E/E_1 の比を求めておき,現地のパンタ点電圧, 直流電流および位置から送電端電圧1を求め,直流電圧が送電端電圧 の小変動範囲では比例関係にあるものとして 20 kV のときの直流電 圧を求めた。



E,

第9図 整流器を等価的に考えた回路

第8図のようになる。

ここで交流値のリアクタンス X_1 として直列コンデンサのリアク タンス X_c を考えないで, $X_1=X_s+X_F$ とするか, 直列コンデンサを 考えて $X_1=X_s+X_F-X_c$ とするかによって直流電圧の計算値は異 なるが, あとで示すように重なり角u は変圧器の入力電圧が一定な らば X_c の相当の広範囲にわたって, $X_c=0$ のときと比しほとんど変 化しない。(第13 図参照)この点から考えて, この式のように $E_{d_0}=$ $\frac{2\sqrt{2}}{\pi}E_2$ と考えている場合には $X_1=X_s+X_F$ と考えるべきである として E_d を求めた。 $X_1=X_s+X_F-X_c$ とすれば多少実験値との 一致はよくなるが, E_2 を規準にした考え方にはいずれにしても予盾 がある。

3. 直流電圧と重なり角の関係

普通の整流器回路において、重なり角u、と格子制御角 α があた えられると、交流側の電流と電圧の位相差 $\cos \varphi_1$ は

 $\cos\varphi_1 \rightleftharpoons \frac{1}{2} \{\cos\alpha + \cos(\alpha + u)\} \dots (4)$

第4,5回および第6,7回はそれぞれ18ノッチ、21ノッチ⁽⁶⁾にて運
転中の重なり角uと直流電圧 E_a を比較したものである(これは距
離D,電流 I_a を両回路で同一に対応させたときの電圧および重なり
角である)。この測定の場合,直流電流は現地測定値で1,500~4,500A
の間に変化しているから(定格電流は 3,100A)実用上必要な全領域
について両者はよく一致し、その等価性は十分である。
これに対し直流電圧を(3)式により計算し、実測値と比較するとであたえられる。
いま整流器回路を第9回のように等価的に考え、整流器およびそ
の負荷を一括して力率 $\cos \varphi_1$ なる交流負荷と考える。そしてこの
 φ_1 を送電端 AA'における相差角とみるべきか、BB'における角度
と考えるかは問題があろうが⁽⁵⁾、種々の実験結果から、BB'の相差
角と考えることにした。また基本波のみに着目すれば相差角は力率
に等しい。11 ——

1256 昭和35年12月

日立

言命

評

第 42 巻 第 12 号

第2表 直流出力電圧の測定値と *E*₁ cos *q*₁ から 求めた値との比較

回路	7	α	I_d	E_d	20	E_1	$E_{d1} - (\Delta E_{dR} + \Delta E_{dR})$
条件	Z_F	(°)	(A)	(V)	(°)	(V)	(V)
			1.25	95	54.2	95.8	95.8
			0.96	102.8	44.6	95.8	104.2
	0.071.77	0	0.75	111	38.6	96.5	111.5
	2.91+11.5		0.5	119.8	28.6	97.3	121.2
	$X_C = -j9.9$		0.25	133		100	134.2
		30	0.96	90.3	21.8	97.2	88
(11)		50	0.96	62.2	10.2	100	63.5
()	$1.57 \pm i3.94$	0	0.96	108.8	42.2	99	108.0
		30	0.96	97	18	101	94.8
	$X_C = -j 6.6$	50	0.96	73.5	8.2	103.1	69.9
	0	0	0.96	115.8	38.6	101.8	117.4
	, in the second	30	0.96	102.5	15	193.5	102.2
	$X_C = -j 6.6$	50	0.96	77.2	5.1	105.0	73.8
	$2.97 \pm i7.5$	0	0.96	103	47	97.5	105.7
(10)	2101 1 9 110	30	0.96	90.2	22	98.8	90.6
	$X_C = -j 9.9$	50	0,96	59	13.8	101.2	62.1
	297 + i75	0	0.96	89	49.8	86.5	89.6
(01)	2.01 1 9 1.0	30	0.86	72.2	23.8	85.5	73.3
		50	0.96	45.3	13.8	85.1	45.7
	$2.97 \pm i7.5$	0	0.96	82.5	53.6	85.8	86.1
(00)	2.0. 191.0	30	0.96	70.5	30.4	85.	67.6
		50	0.96	43	21.8	84.3	41.



同様に

回路	Z_F	α	I_d	Iı	$\frac{I}{I}$	E	$\cos \varphi_{epx}$
* 17					Iexp		cosφ
	2.97	0	1.25	1.91	.93	98.3	1.06
	+17.5		0.96	1.50	.90	98.7	1.02
			0.75	1.2	.88	98.3	.96
(00)			0.5	.82	.83	98.55	.95
(00)			0.25	.43	.79	98.95	.95
		30	0.96	1.53	.895	99.3	1.03
		30	0.5	.845	.85	99.0	.983
		50	0.96	1.57	.933	99.4	1.10
		0	0.96	1.50	.877	98.77	.997
(10)	2.97 + i7.5	30	0.96	1.57	.897	99.18	.995
	1,71.0	50	0.96	1.60	.878	99.80	.985
		0	0.96	1.52	.912	98.0	1.03
(11)	2.97 + i7.5	30	0.96	1.57	.920	97.6	1.06
		50	0.96	1.61	.900	98.9	1.10
	0.07	0	0.96	1.49	.906	99.1	1.06
(01)	2.97 + i7.5	30	0.96	1.53	.930	98.9	1.09
		50	0.96	1.563	.937	99.55	1.11

いま *BB*' における電圧を E_1 , 整流器の重なり角 *u*, 制御角 α から (4)式から求めた力率を $\cos \varphi_1$, そのときの直流電圧を E_d とすれ ば第9図の Z_1 中で抵抗分に印加される電圧は $E_1 \cos \varphi_1$ である。 したがって, $E_1 \cos \varphi_1$ が直流電圧に変換されるものと考えてさしつ かえない。単相全波回路で変圧器の変圧比を考えれば

となる。ここに $E_{d_1} = E_d + \Delta E_{d_R} + \Delta E_{d_L}$

 ΔE_{dl} : 整流器のアークドロップによる電圧降下 ΔE_{dR} : 抵抗による電圧降下

 E_a は放電管のアークドロップであり、直流電流 I_a により多少相 違するからあらかじめ測定した $E_a - I_a$ 曲線から求める。

いま

*I*_{*a*}=0.25~1.25A(この模擬回路では *I*_{*a*} ≑0.9 が ED 71 形電気機関 車の定格電流に相当する)

 $\alpha = 0 \sim 50^{\circ}$

 $R_F + jX_F = 0 \sim 2.97 + j7.5\Omega$

 $X_C = 0 \sim -j9.9\Omega$

ACF: ある場合とない場合

以上の各種の場合について E_1 , E_d , I_d , u を測定し, $\alpha \geq u$ から (4)により $\cos \varphi_1$ を求め, $0.9 E_1\left(\frac{n_2}{n_1}\right) \cos \varphi_1 - (\Delta E_{dR} + \Delta E_{dl})$ と E_a とを比較すると 第2表 のとおりになる。この表は実験結果中の 代表例について示したものであるが, 非常に多くの実験結果を比較 したところ, すべて同様で, 両者は±3%の誤差の範囲でよく一致 した。この程度の差異は電流計, 電圧計, およびuの読みとり誤差 を考えれば当然生ずるものと考えられる。表中の条件(11)(01)...... などは

(11) 直列コンデンサがあり, ACF がある場合

- (10) 直列コンデンサがあり, ACF がない場合
- (01) 直列コンデンサがなく, ACF がある場合
- (00) 直列コンデンサも ACF もない場合

を示している。以後もこの符号で条件を示す。

この第2表の結果は上記の cos \u03c61 を第9図の BB' 端子における 力率と考えて、その有効分電圧が、理想的な交直流変換器で直流に 変換されて直流電圧はこの変換電圧から抵抗電圧降下およびアーク

この(5)式における ΔE_{dt} , ΔE_{dR} は整流器が転流していない期間 における電圧降下を考えればよいから

ここでRは BB' 端子から右側だけ考えればよいから(2)から

ドロップを差引いたものになることを示している。

直流電流 Ia と交流電流の関係は単相全波整流回路では

ここで $\phi(u, \alpha)$ は重なり角u, と制御角 α の関数としてあたえられ

交流側のインピーダンスの大きい単相全波整流器回路





考えられる。この点についてはさらに検討中である。

1257

流 I_{exp} と比較すると第3表中の I/I_{exp} のようになる。この比は表 からわかるように I_e/I_1 によって相違する。実験結果から各種の回 路条件の場合につき I/I_{exp} と I_e/I_1 の関係を求めると,第10図の ようになり回路の条件や α のいかんにかかわらず,ほぼ一定の関係 をもち,しかも I_e/I_1 が小さい場合は $I/I_{exp} = 0$ となっている。こ のことは励磁電流が小さい場合は I/I_{exp} の比は考慮の必要なく, I_a からただちにI すなわち交流電流が求められることを意味する。

この模擬回路は製作を急いだため I_e が比較的大きいが目下 I_e の 小さいものを製作中である。実物は定格電圧の場合 (20 kV) 21 ノッ チで $I_e \Rightarrow 2.7 A$ でありこの回路では 0.027 A に相当し、この点は考慮 の必要がない。

5. 給電線の送電端電圧, 力率

前節でのべた電流が架線を流れるから架線における電圧降下は $\dot{E}_{ZF} = \dot{Z}_F \dot{I}/\eta$ (12)

 $\eta = |\dot{I}| / |\dot{I}_{\mathrm{exp}}|$

である。

普通の交流理論にしたがって、すなわち、電流電圧をすべて正弦 波としてとりあつかって、送電端における $I/\eta = I_{exp}$ と電圧Eの力 率 $\cos\varphi$ を求め、これと送電端 AA' 端子で測定した力率 $\cos\varphi_{exp}$ と を比較し、またこの計算により求めた $\dot{E} = \dot{E}_1 + \dot{E}_{ZF}$ と実測送電端 電圧 E_{exp} と比較すると 第3表 中の $\cos\varphi_{exp}/\cos\varphi$ および $|\dot{E}|$ の ようになる。この実験では送電端電圧は 100V 一定で行ったので $|\dot{E}_{exp}|=100$ で $|\dot{E}|$ そのものが $|\dot{E}|/|\dot{E}_{exp}|$ を示している。

またコンデンサのある場合とない場合のこの計算中のベクトル図 を示すとそれぞれ 第11,12 図 のようになる。

表に示されているように送電端電圧Eは非常によく実験値と一致している。しかし cos $\varphi_{exp}/cos \varphi \doteq 1$ になっているのは検討を要す

6. 重なり角と直流電流

以上の関係から重なり角u,制御角 α がきまれば変圧器入力端子 における力率 $\cos \varphi_1$ がきまり,以後は普通の交流理論による電流電 圧の関係が適用できることが明らかになった。しかしここで重なり 角uがいかなる値になるかが問題である。この重なり角uの決める 点においては整流器理論を適用する必要がある。

通常制御角 α, 重り角 u, 転流リアクタンスXの関係は単相全波 回路では

$$cos\alpha - cos(\alpha + u) = 2e_x/E_{d_0}$$

$$e_x = I_d X/\pi$$

$$E_{d_0} \doteq 0.9E_{20}$$

$$(14)$$

ここで転流リアクタンスXは(1)式であたえられ, E_{20} は無負荷 時の整流器変圧器直流巻線電圧である。

6.1 E_1 =一定の場合の重なり角に対する直列コンデンサの影響 第13 図は整流器変圧器の入力電圧 E_1 および直流電流 I_a を一定 にした場合,直列コンデンサのリアクタンス X_c を変化したときの 重なり角 u の化を示すものであり, $X_c/X_F \Rightarrow 1$ まではほとんど変化 していない。この実験では $X_F = 7.1\Omega$,変圧器のリアクタンスは一 次側に換算して約 2 Ω である。この直列コンデンサの重なり角に対 する影響は図示されるように、 α には無関係に $X_c/X_F \Rightarrow 1$ までは ほとんど影響しない。

6.2 直流電流の脈動と重なり角

直流電流が完全に平滑な場合を取扱った整流器理論では(14)のようになるのであるが、直流電流に脈動のある場合は転流開始時および終了時の電流値が平滑直流電流の場合と異なるので、転流リアクタンス降下も重なり角も相違してくる。第14回は脈動のある直流電流が流れたときの転流リアクタンスと重なり角の関係を示す一例で

している。 しかし COS yexp/COS y-1 になっているのは 使利を安す	流が流れたときの転流リアクタンへと重なり用の関係を示す一例で
る。この cos φexp は送電端における電力Wを電力計で測定し,同時	ある。この図は直流電流 I_d =1Amp 入力電圧 E =一定,格子制御
にこの点における電圧E電流Iを測定し,	角α=0,直列コンデンサ: なし, ACF: なし,の条件において直流
$\cos\varphi_{\exp} = W/ I \cdot E \dots \dots$	側の回路定数を変えて脈動率を変化して,直流電流の最小値 Idmin
として求めたものであるから、電流に高調波成分が相当に含まれて	をパラメータにして重なり角の変化状態を示したものである。ここ
いることを考えれば $\cos arphi_{ ext{exp}}/\cos arphi < 1$ となるべきである。この点	で横軸の転流リアクタンスXは(1)式により求めたものである。同
は \dot{E}_1 と $\dot{I},~\dot{I}_e$ の位相関係が 第 11, 12 図 のベクトル図を満足せず	様の条件における平滑な直流電流が流れた場合の重なり角を(14)に
$m{i}=m{i}_e+m{i}_1$ の計算に誤差があることなどが原因となっているものと	より計算し,直流電流をパラメータにして図示すると第14図中の

— 13 —

論

日

第 42 巻 第 12 号



第14図 転流リアクタンス, 直流電流の最小値と重り角 の関係(直流電流 Ia=1.0 A)。 点線は直流電流と転流 リアクタンスと重り角の関係を示す。

回路条件	I_d	$I_{d\min}$	$e_{x0}/(e_{x0})_{00}$
	0.6	0.4	.768
	1.0	1.0	.873
(11)	1.0	0.7	.855
-	1.0	0.5	.841
	0,6	0.4	.925
2.4	1.0	1.0	.924
(10)	1.0	0.7	.931
	1.0	0.5	.950
	0.6	0.4	.830
	1.0	1.0	.935
(01)	1.0	0.7	.870
	1.0	0.5	.820
	0.6	0.4	.923
	1.0	1.0	.890
(00)	1.0	0.7	.940
	1.0	0.5	1.050

第4表 直列コンデンサおよび ACF の重り角に対する影響



点線の曲線のようになる。直流電流,直列コンデンサの有無, ACF の有無などをかえて実験した結果も第14図とほぼ同様の傾向であ った。このことは重なり角に対する直流電流の寄与としては Id そ のものではなし、直流電流の最小値 Idmin が支配的要素になってい ることを明示している。

すなわち近似的には Idmin で転流が行われているものと考え, (14)式のかわりに

と考え,ほかは同様にとりあっかって重なり角を算出してもたいし て大きな誤りをおかさないことを第14図は示している。

しかし多少の相違があり,またほかの回路条件の場合はこの相違 が著しくなる。そこでこれらの詳細な議論は別報にゆずり、ここで はこの相違は補正系数で補正することを考える。

6.3 *a*=0 における重なり角

いま各種の回路条件において, $X = 40 \sim 120 \Omega$ における重なり角の 測定値から e_x/E_{d_0} を (14) の第一式により求める。そして $\alpha=0$, 条件(00)の場合の値 $(e_{x_0}/E_{d_0})_{00}$ $(e_{x_0}$ は $\alpha=0$ のときの e_x) に対す る各回路条件の場合のこの値の比を求める。この比はこの実験では E = -定であるから $E_{d_0} = -$ 定となり、したがって (e_{x_0}) $_{00}$ に対する 各条件における exoの比を示すものと考えられる。多くの実験値に 対し計算した結果, 転流リアクタンスにより多少の相違はあるが比 較的不規則に変化しているので平均値をとって示すと第4表の exo/ $(e_{x_0})_{00}$ のようになる。この表中 $(e_{x_0})_{00}$ は (15)により求めたもので ある。

6.4 a + 0 における重なり角

第16図 直列コンデンサのないとき(a)とある場合 (b)における転流時の等価回路

リアクタンスにはあまり関係がなく,第15図に示すように制御角 α が増加するにしたがって exa/exo は小さくなっている。

6.5 考 察

α, u, 回路インピーダンスの関係については目下詳細検討中であ るので次報で述べることにして本報では上記のように Idmin を規準 にした計算により概略の重なり角を求め、さらに第4表および第15 図の系数を用いて補正して重なり角を決定する。その後は交流理論 にしたがって,各部の電圧電流が求められることのみを述べた。 ただ回路に容量性リアクタンス Xc がある場合とない場合の重な り角の相違は第16図(a)(b)の入力端子にe=Esin(ωt+θ) なる交 流起電力を加えたとき、電流が一定値まで上昇するまでの時間の相 違と考えさしつかえない。いま簡単のため,入力端子に直流を加えた 場合の電流の上昇の様子を、回路が振動の条件を満し、 τ=15.10-3 $(\tau i (a) 図における時定数 = L/R = X/\omega R)$ の場合について示すと 第17図のようになる。この実験における回路定数では r はほぼこ

前項でのべたように $\alpha=0$ においても, I_{dmin} を転流時の電流と 考えて求めた重なり角よりも一般に実測の重なり角は小さくなって いた。そして制御角αが大くきなると計算値に比し, 実測値はさら に小さくなる。 いま前項と同様実測重なり角uから(14)の第一式によって exa/ E_{d_0} を求め、 $\alpha = 0$ のときと比較するため e_{x_0}/E_{d_0} との比 e_{x_0}/e_{x_0} を

求める。そして種々の場合について比較してみると前項同様、転流



すると考えられる。第4表の(00)と(01)の相違は Iamin が減少し, (15)にしたがって exo が減少しているものと考えられる。

言 7. 結

以上交流電気機関車の場合のような整流器変圧器の一次側リアク タンスの大きい,しかも直列コンデンサがあるような単相全波整流 回路における各部の電圧,電流などの計算には重り角をきめれば, それ以外は正弦波電圧,電流の定常解を取扱う交流理論の方式で計 算できることについて述べた。いいかえれば過渡現象の連続である 整流器回路の解を重なり角という変数を仲介として定常解に結びつ けるために行った実験および計算結果について述べた。

そして重なり角の算定には直流電流の最小値を用いて計算し,回 路条件によって定まる第4表および第1図のような補正系数を用い て決定する。

このような計算の基礎となっている模擬回路の実験結果は重なり 角、電圧の点で現地の実物による測定値とよく一致しているから、 このような考え方は実用上十分な精度で各値を評価しているものと 考えられる。

以上の結果から直流電流と脈動率から重なり角uを求め(4)によ り $\cos \varphi_1$ を決める。また I_d から(9)により I_1 を求め, 励磁電流が 無視できれば交流線路電流 I は I=I1 として得られる。第11,12 図 のベクトル図を参照にして

 t/τ

第17図 第16図において入力に直流電圧を加え たときの電流の上昇する様子

の程度でありまた振動条件を満している。図の横軸は時間をての単 位で示したものであり、縦軸は電流を E/R で割った値, 図中のパラ メータ ξ は $\xi = X_c/X$ である。この図から X_c/X が1の程度では t/τ が0.15くらいまで、すなわち重なり角が40度くらいまでは重なり角 に大きな影響を与えないことを示している。また E = 一定のとき X_c のあるときとないときとでは 第4表 でわかるように e_{x_0} ($\alpha = 0$ のときの転流リアクタンス降下)が92~96%に減少している。これ は Xc があるため転流していない期間の電圧降下が小さくしたがっ て転流時の電圧が高いことになり,第17図の縦軸の分母のEが大き くなったと同様になるから一定の電流値に到達するまでの時間 t/r が小さくなり、uが小さくなると考えられる。これに対してACFの 影響はコンデンサの放電により実質的に Idmin を減少させる働きを

 $\dot{I}\dot{Z}_F + \dot{E}_1 = \dot{E}$

となり, E1 が決定される。

終りに臨み,本研究において東京大学山田教授,日本国有鉄道入 江技師, 日立製作所日立工場毛利部長, 浅野主任にいろいろご討論 を賜わり研究の指針とした。ここに深甚なる謝意を表す。また本研 究に用いた模擬回路の製作に先だって行った第一段階の研究では当 所金沢主任の実験に負うところが多く深謝する次第である。

献 罢 文

- (1) L. J. Hibbard, T. J. Bliss: App. and Industry (1960. No. 48 p. 75)
- (2) T.E. Calverly, D.G. Taylor: PIEE 104 part A No. 17 (1957)355
- (3) 本郷: 電学誌 80 (1960)
- A. Schnidt: AIEE. 77 (1958) 53 (4)
- 金沢,岩田: 電気学会東京支部大会予稿 (1960-11) (5)
- 伊沢,他: 日立評論 41 8 (1959-5)969 (6)



和36年度の新年特集増大号(Vol.43 No.1)も恒例により "昭和35年度における日立技術の成果"号として発行 することになりました。

----- 15 -----

なにとぞ引きつづきご愛読くださいますよう、お願い申しあげます。