

V . 変圧器の運転

1. 並行運転

1.1 並行運転の条件

- 1.1.1 変圧比が等しい
- 1.1.2 単相の場合は極性、三相の場合は位相変位が等しい。
- 1.1.3 短絡インピーダンスの差異が平均値の 1 / 10以内である。
- 1.1.4 定格容量の比が 1 : 3 以内である。

備考 . 変圧比、短絡インピーダンス及び容量比が1.1項の条件から多少はずれる場合でも負荷分担及び温度上昇を検討して、それらが許容できる範囲であれば、並行運転して差しつかえない。

1.2 並行運転可能な三相結線

並行運転可能な結線				並行運転不可能な結線			
Aバンク		Bバンク		Aバンク		Bバンク	
一次	二次	一次	二次	一次	二次	一次	二次
-		-		-		-	Y
Y	Y	Y	Y	-	Y	Y	Y
Y		Y		Y			
-	Y	-	Y				
-		Y	Y				

1.3 並行運転時の負荷分担

- 1.3.1 同容量変圧器の負荷分担の近似計算
(各変圧器の短絡インピーダンス力率角が略等しい場合)

変圧器	定格容量 (kVA)	短絡インピーダンス	負荷分担	単位: kVA
1	P	Z_1	$\left(\frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} \right) \times 2 \times P$	
2	P	Z_2	$\left(\frac{Z_1}{Z_1 + Z_2} \right) \times 2 \times P$	

1.3.2 異容量変圧器の負荷分担の近似計算
(各変圧器の短絡インピーダンス力率角が略等しい場合)

変圧器	定格容量 (kVA)	短絡インピーダンス	負荷分担 単位：kVA
1	P_1	Z_1	$\frac{P_1 Z_1}{Z_1 + Z_2} \times (P_1 + P_2)$
2	P_2	Z_2	$\frac{P_2 Z_2}{Z_1 + Z_2} \times (P_1 + P_2)$

1.3.3 3台の並行運転の場合の負荷分担の近似計算
(各変圧器の短絡インピーダンス力率角が略等しい場合)

変圧器	定格容量 (kVA)	短絡インピーダンス	負荷分担 単位：kVA
1	P_1	Z_1	$\frac{P_1 Z_1}{Z_1 + Z_2 + Z_3} \times (P_1 + P_2 + P_3)$
2	P_2	Z_2	$\frac{P_2 Z_2}{Z_1 + Z_2 + Z_3} \times (P_1 + P_2 + P_3)$
3	P_3	Z_3	$\frac{P_3 Z_3}{Z_1 + Z_2 + Z_3} \times (P_1 + P_2 + P_3)$

1.3.4 3台の並行運転(同容量変圧器)の場合の負荷分担の近似計算
(各変圧器の短絡インピーダンス力率角が略等しい場合)

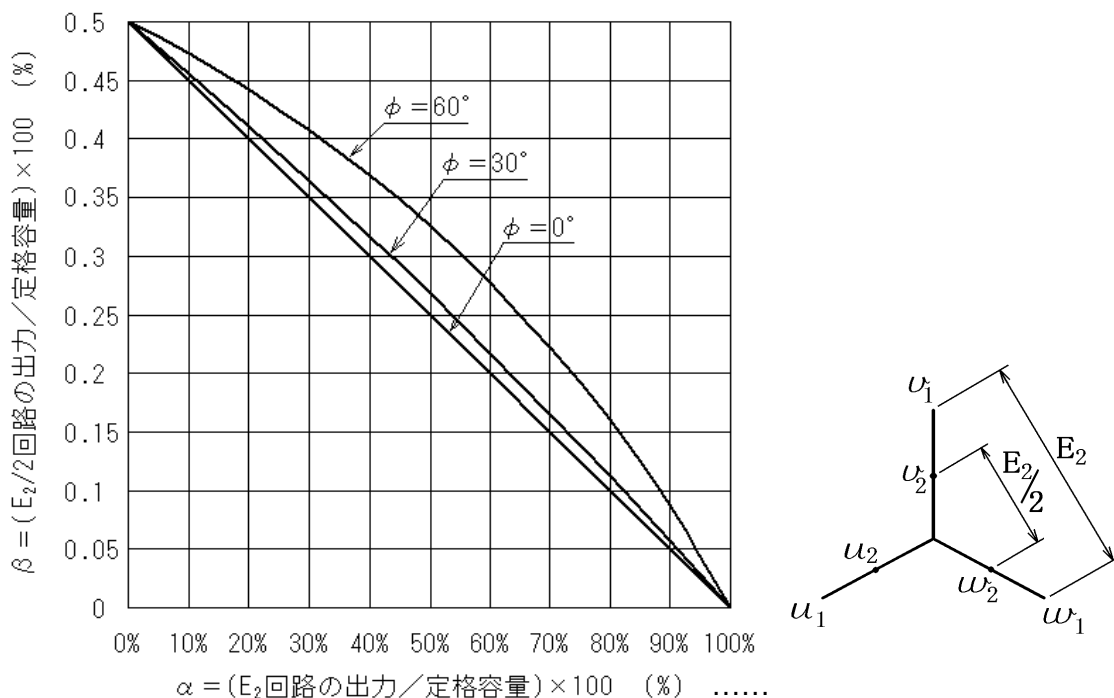
変圧器	定格容量 (kVA)	短絡インピーダンス	負荷分担 単位：kVA
1	P	Z_1	$\frac{Z_2 Z_3}{Z_1 + Z_2 + Z_3} \times 3 \times P$
2	P	Z_2	$\frac{Z_3 Z_1}{Z_1 + Z_2 + Z_3} \times 3 \times P$
3	P	Z_3	$\frac{Z_1 Z_2}{Z_1 + Z_2 + Z_3} \times 3 \times P$

2. 同時負荷変圧器の負荷分担

2.1 二次が星形結線の場合

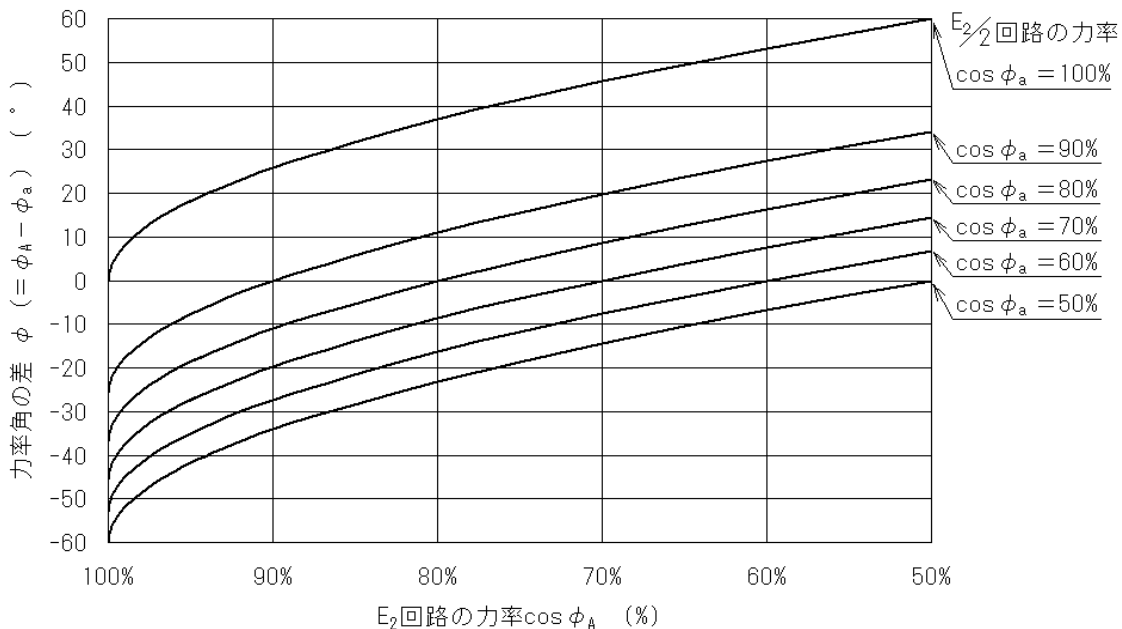
二次電圧100%のときの電圧を E_2 とした場合、 E_2 三相回路と $E_2/2$ 三相回路の負荷配分は、図2-1-1による。

図2-1-1 Y内接3相



E_2 負荷と $E_2/2$ 負荷の力率相差角 は、図Aによる。

図A 両回路の力率角の差 ϕ 算出曲線



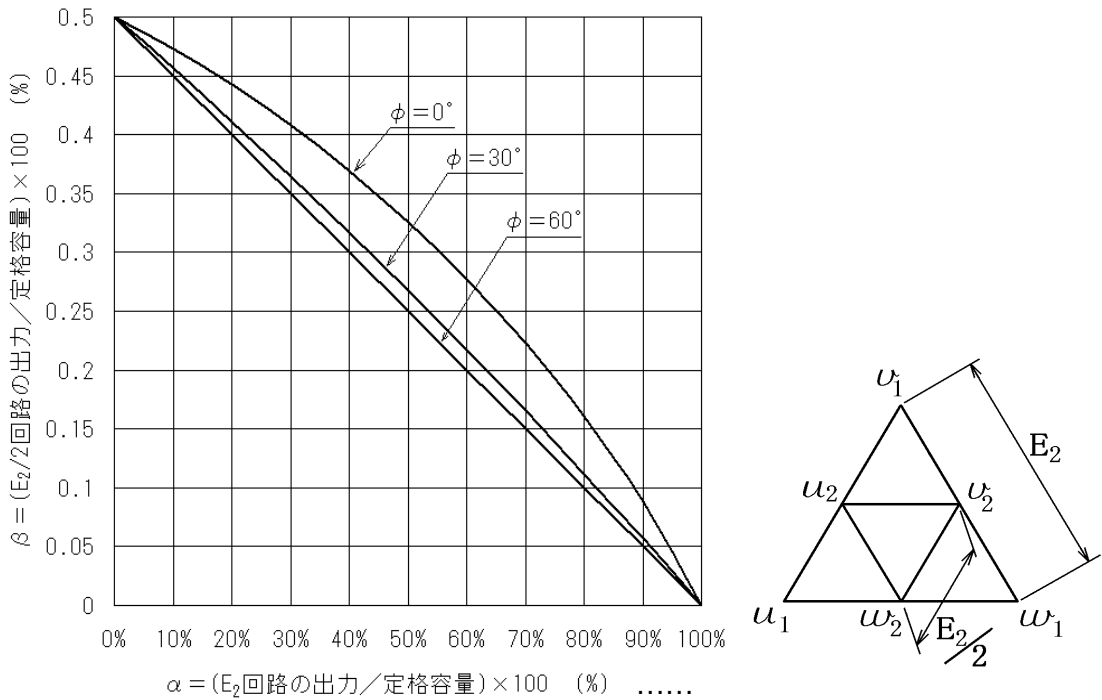
図の見方

- (1) E_2 回路の負荷力率 $\cos \phi_A$ 、 $E_2/2$ 回路の負荷力率 $\cos \phi_a$ を調べ、図Aから両回路の力率角の差 ϕ を求める。
- (2) 次に E_2 回路の出力(kVA)を調べ図2-1-1に示す式から出力容量比 (%)を算出する。
- (3) 上記(1),(2)項で求めた ϕ 、 β で図2-1-1により $E_2/2$ 回路の許容出力 (%)を求める。

2.2 二次が三角結線の場合

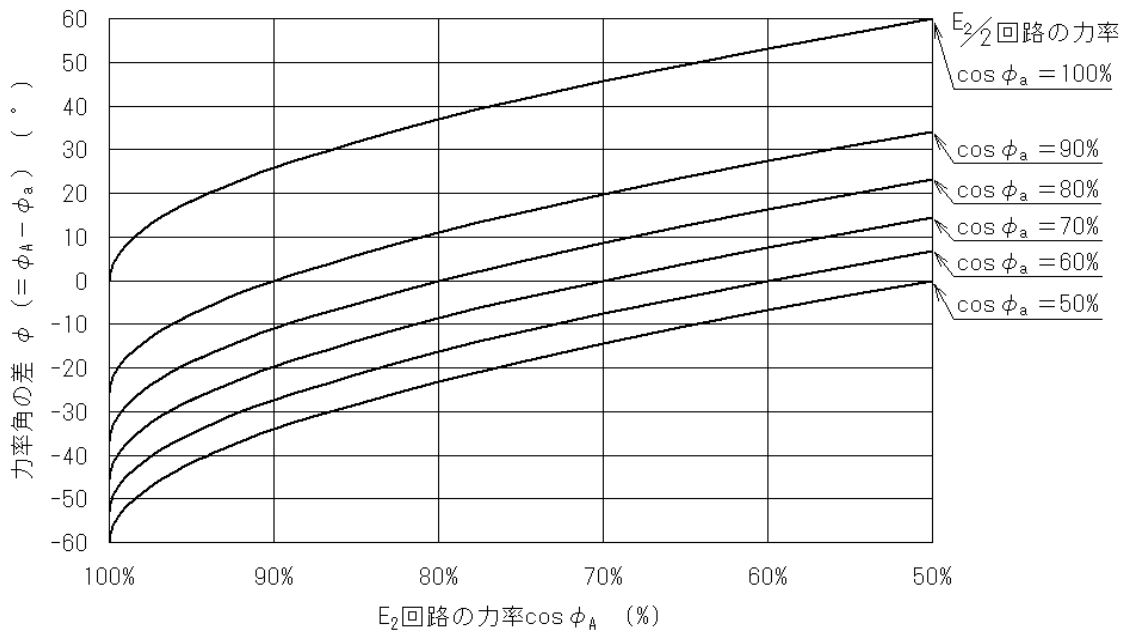
二次電圧100%のときの電圧を E_2 とした場合、 E_2 三相回路と $E_2/2$ 三相回路の負荷配分は、図2-2-1による。

図2-2-1 Δ 内接3相



E_2 負荷と $E_2/2$ 負荷の力率相差角 は、図Aによる。

図A 両回路の力率角の差 ϕ 算出曲線



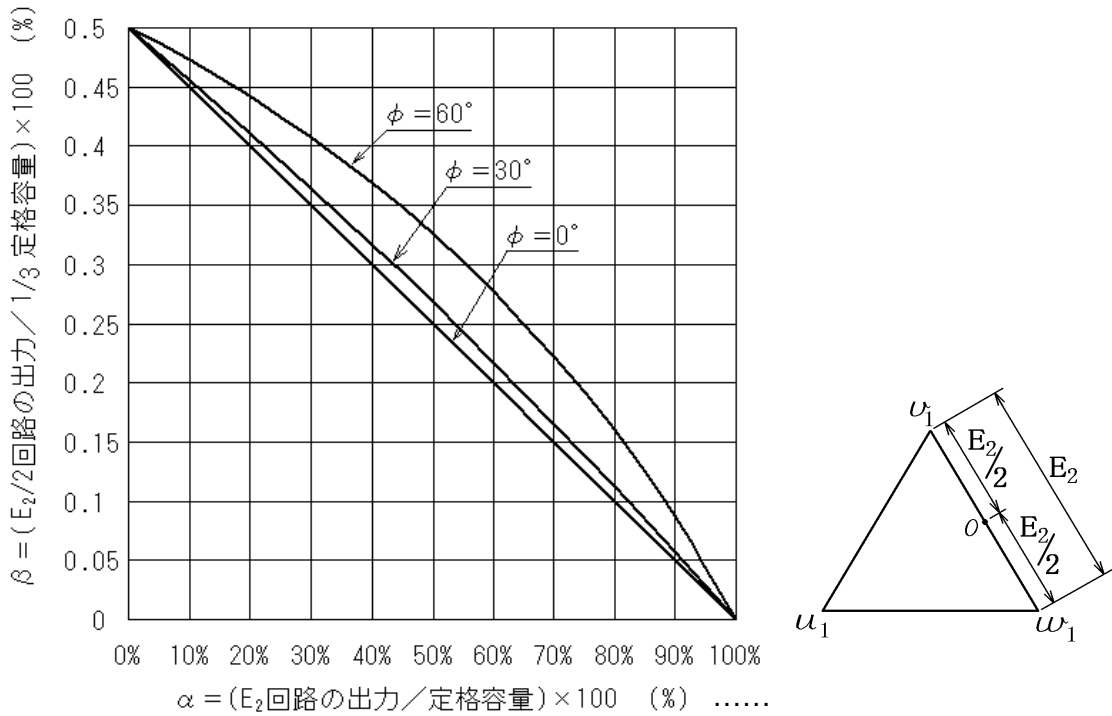
図の見方

- (1) E_2 回路の負荷力率 $\cos \phi_a$, $E_2/2$ 回路の負荷力率 $\cos \phi_b$ を調べ、図Aから両回路の力率角の差 ϕ を求める。
- (2) 次に E_2 回路の出力(kVA)を調べ図2-2-1に示す式から出力容量比 β (%)を算出する。
- (3) 上記(1),(2)項で求めた β , α で図2-2-1により $E_2/2$ 回路の許容出力 β (%)を求める。

2.3 二次が三角結線で、三相・単相同時負荷の場合

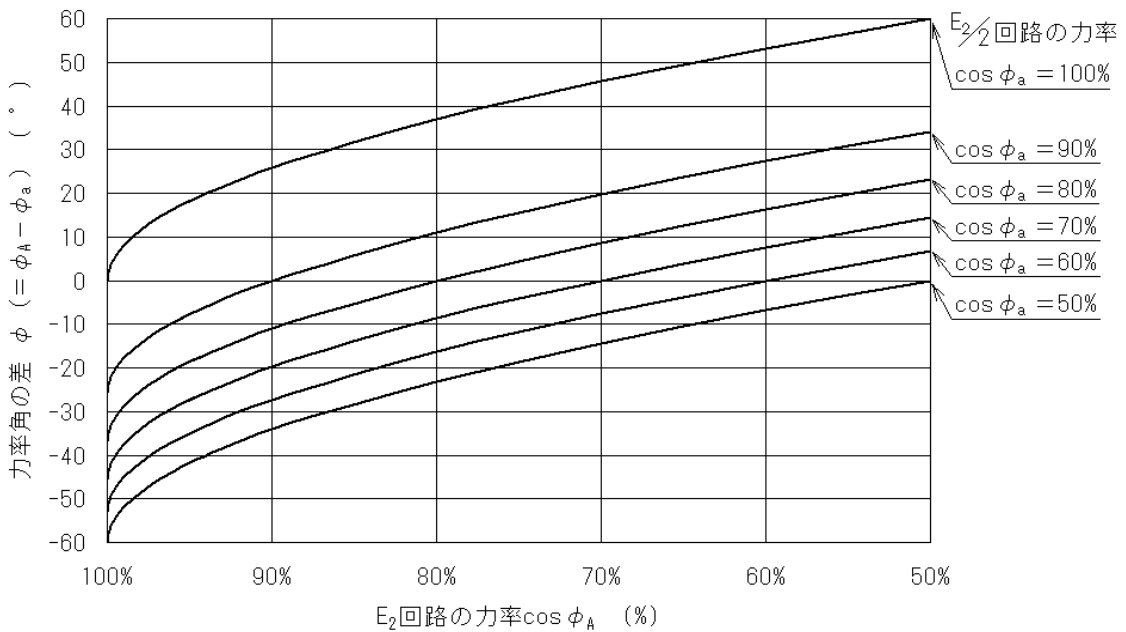
二次電圧100%のときの電圧を E_2 とした場合、 E_2 三相回路と $E_2/2$ 三相回路の負荷配分は、図2-3-1による。

図2-3-1 △単相



E_2 負荷と $E_2/2$ 負荷の力率相差角 は、図Aによる。

図A 両回路の力率角の差 ϕ 算出曲線



図の見方

- (1) E_2 回路の負荷力率 $\cos \phi_A$ 、 $E_2/2$ 回路の負荷力率 $\cos \phi_a$ を調べ、図Aから両回路の力率角の差 ϕ を求める。
- (2) 次に E_2 回路の出力(kVA)を調べ図2-3-1に示す式から出力容量比 (%)を算出する。
- (3) 上記(1),(2)項で求めた ϕ 、 β で図2-3-1により $E_2/2$ 回路の許容出力 (%)を求める。

3. 三相、単相変換回路の諸定数

単相負荷の回路数	変圧器の結線	利用率 (%)	電源電流			負荷電流			
			U	V	W	u	v	w	
1 回路 負荷 (u - v)	単相 (単独)	100	1	1	-	1	1	-	
	Y - Y	57.7	1	1	0	1	1	0	
	- Y	57.7	0.577	1.15	0.577	1	1	0	
	-	50	0.866	0.866	0	0.866	0.866	0	
	Y -	50	1	0.5	0.5	0.866	0.866	0	
	V - 逆V	86.6	1	2	1	1	1	-	
2 回路	V 結線	100	1	1.15	1	1	1.15	1	
	スコット結線	92.8	1	1	1	u 0.5	o _u 0.5	v 0.5	o _v 0.5

- 備考 . 1 . 利用率は、変圧器バンク出力 / 変圧器容量とした。
 2 . - Y 及び結線では一次側の V 相線路に、U、W 相線路の 1.15 倍の電流が流れるので注意のこと。
 3 . V - 逆 V の場合一次側の V 相線路には、U、W 相線路の 2 倍の電流が流れるので注意のこと。

4. 過負荷運転

電気学会技術報告 () 部第 143 号「油入変圧器運転指針」から抜粋した油入変圧器の許容負荷を示す。

4.1 正規寿命を期待できる負荷

3.1 表 油自然循環方式で時定数 1.5 時間の場合の許容負荷 (定格負荷に対する百分率)

重負荷以外の軽負荷 (定格負荷に対する百分率)	50 (%)								70 (%)								90 (%)								100 (%)							
	0	10	20	25	30	40	50	0	10	20	25	30	40	50	0	10	20	25	30	40	50	0	10	20	25	30	40	50				
重負荷時間 (時間)	0.5	150	150	150	150	150	148	132	150	150	150	150	150	136	100	150	150	150	146	132	-	-	150	150	141	100	-	-	-			
	1.0	150	150	150	150	144	131	116	150	150	150	144	137	122	89	150	150	141	132	120	-	-	150	149	130	100	-	-	-			
	2.0	150	148	137	132	127	115	101	150	145	134	128	122	108	82	150	140	128	120	110	-	-	149	137	120	100	-	-	-			
	4.0	142	133	123	118	113	102	89	141	131	121	116	110	98	77	139	129	118	111	103	-	-	137	127	113	100	-	-	-			
	8.0	132	123	113	108	103	92	80	131	122	113	106	102	90	74	131	121	111	105	98	-	-	130	120	108	100	-	-	-			
	24.0	123	114	104	100	94	84	72	123	114	104	100	94	84	72	123	114	104	100	94	-	-	123	114	104	100	-	-	-			

3.2 表 油自然循環方式で時定数 2.5 時間の場合の許容負荷 (定格負荷に対する百分率)

重負荷以外の軽負荷 (定格負荷に対する百分率)	50 (%)								70 (%)								90 (%)								100 (%)							
	0	10	20	25	30	40	50	0	10	20	25	30	40	50	0	10	20	25	30	40	50	0	10	20	25	30	40	50				
重負荷時間 (時間)	0.5	150	150	150	150	150	136	150	150	150	150	150	139	102	150	150	150	149	134	-	-	150	150	144	100	-	-	-				
	1.0	150	150	150	150	137	121	150	150	150	150	143	126	91	150	150	145	136	122	-	-	150	150	132	100	-	-	-				
	2.0	150	150	146	140	134	121	106	150	150	141	134	128	112	82	150	146	132	123	112	-	-	150	141	121	100	-	-	-			
	4.0	149	139	129	123	118	106	92	146	137	126	120	114	100	77	143	133	120	113	104	-	-	141	129	114	100	-	-	-			
	8.0	135	126	116	111	106	94	81	134	125	115	110	104	91	74	133	123	112	106	98	-	-	132	121	108	100	-	-	-			
	24.0	123	114	104	100	94	84	72	123	114	104	100	94	84	72	123	114	104	100	94	-	-	123	114	104	100	-	-	-			

3.3表 油自然循環方式で時定数3.5時間の場合の許容負荷(定格負荷に対する百分率)

重負荷以外の軽負荷(定格負荷に対する百分率)		50(%)								70(%)								90(%)								100(%)									
		0		10		20		30		40		50		0		10		20		30		40		50		0		10		20		30		40	
重負荷時間 (時間)	0.5	150	150	150	150	150	150	138	150	150	150	150	150	141	103	150	150	150	150	135	-	-	150	150	145	100	-	-	-	-	-	-			
	1.0	150	150	150	150	150	141	124	150	150	150	150	146	128	92	150	150	148	138	124	-	-	150	150	133	100	-	-	-	-	-	-			
	2.0	150	150	150	145	139	125	109	150	150	145	138	131	114	83	150	149	135	125	113	-	-	150	143	123	100	-	-	-	-	-	-			
	4.0	150	144	134	128	122	109	94	150	141	129	123	117	102	77	147	135	122	114	104	-	-	144	131	114	100	-	-	-	-	-	-			
	8.0	139	129	119	114	108	96	83	137	127	117	111	106	92	74	135	125	113	106	99	-	-	133	122	109	100	-	-	-	-	-	-			
	24.0	123	114	104	100	94	84	72	123	114	104	100	94	84	72	123	114	104	100	94	-	-	123	114	104	100	-	-	-	-	-	-			

(注) 変圧器基準特性(油自然循環)

巻線最高点温度上昇 (K) 70
 巻線平均温度上昇 (K) 55
 最高油温度上昇 (K) 40
 損失比 4:1
 油温度変化の時定数 (h) 1.5 2.5 3.5

4.2 寿命を若干犠牲にする負荷

4.1表 油自然循環方式で時定数1.5時間の場合の許容負荷(寿命を若干犠牲にする場合)
(定格負荷に対する百分率)

重負荷以外の軽負荷(定格負荷に対する百分率)		50(%)								70(%)								90(%)								100(%)									
		0		10		20		30		40		50		0		10		20		30		40		50		0		10		20		30		40	
重負荷時間 (時間)	0.5	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	147	150	150	150	150	150	150	145	130	120				
	1.0	150	150	150	150	150	150	148	150	150	150	150	150	144	150	150	150	150	145	139	150	150	150	150	150	146	133	120	112	107	104				
	2.0	150	150	150	150	147	141	136	150	150	150	147	144	138	132	150	150	147	143	139	132	127	150	150	144	139	133	122	114	107	104				
	4.0	150	147	139	135	131	126	122	150	146	137	134	130	125	121	150	144	135	131	127	121	117	150	143	133	129	124	114	107	104	101				
	8.0	144	136	128	125	121	116	114	144	136	128	124	121	115	113	143	135	127	123	119	113	110	143	135	126	121	117	109	104	101	101				
	24.0	133	125	117	113	109	104	101	133	125	117	113	109	104	101	133	125	117	113	109	104	101	133	125	117	113	109	104	101	101	101	101			

4.2表 油自然循環方式で時定数2.5時間の場合の許容負荷(寿命を若干犠牲にする場合)
(定格負荷に対する百分率)

重負荷以外の軽負荷(定格負荷に対する百分率)		50(%)								70(%)								90(%)								100(%)									
		0		10		20		30		40		50		0		10		20		30		40		50		0		10		20		30		40	
重負荷時間 (時間)	0.5	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	148	132	121				
	1.0	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	145	150	150	150	150	150	150	136	121	113	107	104			
	2.0	150	150	150	150	150	145	150	150	150	150	150	145	141	150	150	150	149	144	136	132	150	150	149	143	137	124	113	107	104	101				
	4.0	150	150	145	141	138	132	129	150	150	143	139	135	129	126	150	149	139	135	131	124	120	150	147	137	131	126	115	107	104	101				
	8.0	148	140	131	128	124	119	116	147	139	130	127	123	118	115	146	137	129	124	121	114	111	145	136	127	122	118	109	104	101	101				
	24.0	134	125	117	113	109	104	101	134	125	117	113	109	104	101	134	125	117	113	109	104	101	134	125	117	113	109	104	101	101	101	101			

4.3表 油自然循環方式で時定数3.5時間の場合の許容負荷(寿命を若干犠牲にする場合)
(定格負荷に対する百分率)

重負荷以外の軽負荷(定格負荷に対する百分率)		50(%)								70(%)								90(%)								100(%)									
		0		10		20		30		40		50		0		10		20		30		40		50		0		10		20		30		40	
重負荷時間 (時間)	0.5	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	149	133	122	113				
	1.0	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	147	150	150	150	150	150	150	137	122	113	107	104			
	2.0	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	149	146	150	150	150	150	147	139	134	150	150	150	146	139	126	113	107	104	101				
	4.0	150	150	150	147	143	137	134	150	150	148	143	139	133	130	150	150	143	138	133	126	122	150	150	139	133	128	116	107	104	101				
	8.0	150	143	135	131	127	122	119	150	142	133	129	125	120	117	149	140	131	126	122	116	112	147	138	128	123	118	110	104	101	101				
	24.0	134	126	117	113	109	104	101	134	126	117	113	109	104	101	134	126	117	113	109	104	101	134	126	117	113	109	104	101	101	101	101			

5. 短時間過負荷許容曲線

備考：本図は、等価周囲温度25℃、前負荷90%時の許容負荷を示します。