

誘導電動機의 2次勵磁에 의한 速度制御時의 力率改善

李 成 馥

Power Factor-Improvement of Induction motor Controlled by Secondary Excitation

Lee, Sung-bok

〈 目 次 〉

- | | |
|----------------------------------|--------------|
| 1. 序 論 | 3-1 實驗裝置 |
| 2. 力率改善에 對한 癖터圖 및 力率改善時의
出力增加 | 3-2 實驗方法 |
| 3. 實驗裝置 및 實驗方法 | 4. 實驗結果 및 考察 |
| | 5. 結 論 |

Abstract

Power factor of the induction motor is naturally poor and it becomes poorer when the motor is controlled by secondary excitation using silicon rectifier and motor-generator set. For improvement of this poor power factor of the induction motor, we usually use the capacitor connected in parallel with the motor primary winding. But in this case, it is not the power factor of the motor itself but the power factor of the system that is improved.

But if the motor is operated with capacitor connected in the secondary circuit in parallel with the rectification circuit, the power factor of the motor itself will be much improved because of 90° leading current in capacitor. In this case the output of the motor can be increased somewhat. So the author made the experiments to confirm such a power factor improvement on the 220[V], 60[Hz], 2.2[kW] wound induction motor, the capacity of the capacitor connected in the secondary circuit being 215[μ F] or 130[V], 30[Hz], 0.685[kVA] with the result that the power factor of about 58[%] was improved into about 82[%] and the output of the motor could be increased more than 10[%] in full load condition, when the motor was controlled by secondary excitation of 120[V].

The extent of power factor-improvement and the increase of motor output depends on the secondary excitation voltage and the capacity of the capacitor, and the extent of power factor improvement and the increase of motor output will be much larger when the suitable capacitor is used and secondary excitation voltage is not so small.

1. 序 論

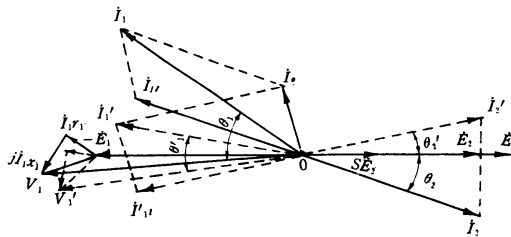
捲線型誘導電動機를 2次勵磁에 依해서 速度制御할 때 옛날에는 交流整流子電動機 또는 廻轉變流機等을 使用했었는데 이 機器들은 값이 비싸고 또 保守하는데도 不便하므로 近來에 와서는 실리콘 整流器와 電動發電機 또는 다이리스터를 使用해서 2次勵磁해 가지고 誘導電動機를 速度制御하는 方法이 使用되게 되었다.

그런데 交流整流子機에 依한 2次勵磁時에는 2次勵磁電壓의 位相을 調整함으로써 誘導電動機의 力率을 改善할 수 있었으나 실리콘 整流器와 電動發電機를 使用한 2次勵磁時에는 力率改善이 되지 않고 오히려 力率이 보다 나빠지는 傾向이 있다. 이 때 誘導電動機의 力率을 改善하기 爲해서 誘導電動機의 2次回路에 2次誘導電壓의 整流回路와 並列로 進相用蓄電器를 連結하면 이 蓄電器에는 2次端子電壓보다 位相이 約 90° 앞서는 進電流가 通하게 되기 때문에 2次電流의 位相이 앞서게 되므로 1次電流의 位相도 앞서게 되고 誘導電動機의 力率이 改善될 것이다.

普通 誘導電動機의 力率改善法으로서 是 誘導電動機의 1次捲線과 並列로 蓄電器를 連結하는 方法을 使用하고 있으나 이 方法은 系統의 力率改善이 될 뿐이고 誘導電動機自體의 力率改善이 되는 것은 아니다. 그래서 本論文에 있어서는 실리콘 整流器와 電動發電機를 使用해서 速度制御를 할 때에 誘導電動機의 2次回路에 2次誘導電壓의 整流回路와 並列로 蓄電器를 連結해 가지고 誘導電動機自體의 力率을 改善하고 同時에 誘導電動機의 出力도 若干 增大시킬 수 있는 方法에 對해서 實驗적으로 研究해 보려고 하는 것이다.

2. 力率改善에 對한 벡터圖 및 力率改善時의 出力增加

捲線型誘導電動機를 실리콘 整流器와 電動發電機를 使用한 2次勵磁에 依해서 速度制御를 할 때의 各機器結線圈은 第2圖와 같다. 이 때 誘導電動機의 力率은 大端히 낮을 것이므로 이것을 改善하기 爲해서 進相用蓄電器를 第2圖와 같이 2次誘導電壓의 整流回路와 並列로 連結하면 誘導電動機의 力率이 改善될 것인데 이에 對한 벡터圖는 第1圖와 같다. 이 벡터圖에 있어서 實線은 進相用蓄電器를 使用하지 않았을 때의 벡터圖이고 點線으로 表示한 벡터圖는 蓄電器를 2次回路에 並列로 連結해서 運轉할 때의 벡터圖이다.



第1圖 力率改善에 對한 誘導電動機의 벡터圖

이 벡터圖에 있어서 蓄電器를 使用하지 않았을 때의 2次電流는 I_2 , 1次電流는 I_1 , 1次供給電壓은 V_1 , 力率은 $\cos \theta_1$ 으로 된다. 그러나 이 때 蓄電器를 2次回路에 並列로 連結하면 總 2次임피던스는 容量性으로 될 것이므로 2次電流는 進電流로되어 I_2' 와 같이 되고 1次電流는 I_1' , 1次供給電壓은 V_1' 로 되어 力率은 $\cos \theta_1'$ 로 되므로 이

때 力率이 相當히 改善되었음을 알 수 있다.

이와 같이 力率이 改善되면 一定負荷에 對해서 1次電流가 減少하고 2次電流도 減少될 것이다. 따라서 誘導電動機가 全負荷狀態로 運轉되고 있을 때 蓄電器를 2次回路에 並列로 連結하여 주면 誘導電動機自體의 力率이 改善되고 1次電流와 2次電流는 모두 定格電流보다 작게될 것이므로 이 때 1次電流와 2次電流가 定格電流를 超迺하지 않는 範圍內에서 誘導電動機의 出力을 增加시킬 수 있을 것이다. 이 때 2次電流가 1次電流보다 먼저 定格電流에 到達할 때에는 2次電流가 定格電流에 到達할 때까지 負荷를 增加시켰을 때 1次電流는 定格電流에 未達狀態일 것이므로 이 境遇에 出力이 增加되고도 1次銅損이 작아지므로 誘導電動機의 效率은 前보다 좋아질 것이다.

3. 實驗裝置 및 實驗方法

3.1 實驗裝置

(1) 主電動機와 負荷用直流發電機

主電動機인 捲線型誘導電動機 IM 에 直流發電機 DCG 를 直結하여 負荷로 使用했으며 主電動機의 定格은 다음과 같다.

出力 2.2[kW]	電壓 220[V]	電流 8.6[A]	相 3 ϕ
周波數 60[Hz]	RPM 1720	2次電壓 260[V]	2次電流 5.2[A]

(2) 2次勵磁用 直流電動機와 誘導發電機

直流電動機 DCM 과 誘導發電機 IG 를 直結하여 主電動機의 2次電力을 실리콘整流器 Rec.1 에 依해서 整流해 가지고 直流電動機에 供給해 주면 이 電力은 IG 에 依해서 電源에 返還된다. 이 때 直流電動機의 界磁電流에 依해서 直流電動機의 逆起電力을 調整할 수 있고 이 逆起電力이 主電動機인 捲線型誘導電動機의 2次勵磁電壓으로 作用하게 된다.

(3) 進相用蓄電器

進相用蓄電器로서는 綜合負荷裝置로 製作된 것에 內裝되어 있는 蓄電器를 使用했는데 그 等價容量은 다음과 같다.

3相	Δ 結線	200[V]	60[Hz]	215[μ F]
----	-------------	--------	--------	---------------

이 蓄電器의 [kVA]容量은 130[V], 30[Hz]時 0.685[kVA]로 된다.

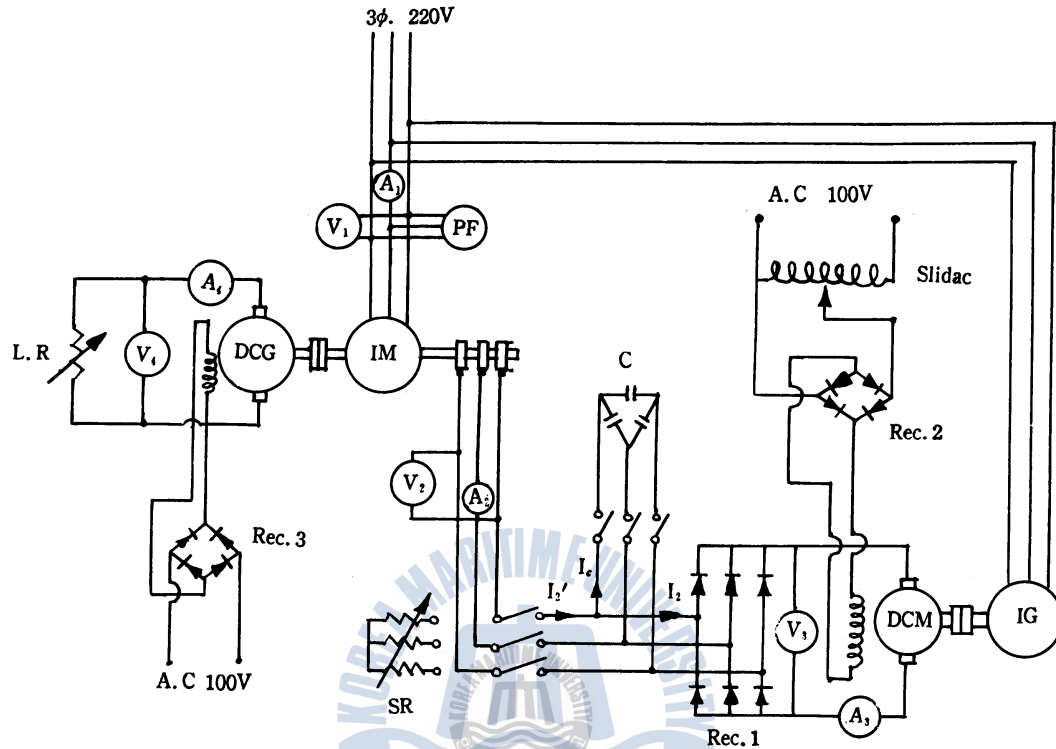
(4) 其他諸器具

上記한 機器外에 主電動機의 2次勵磁電壓整流用 3相실리콘整流器, 直流電動機 DCM 의 界磁電流 調整用슬라이더 및 실리콘整流器와 電壓計, 電流計, 力率計等を 第2圖와 같이 結線하여 實驗裝置로 使用하였다.

3.2 實驗方法

(1) 實驗 1

第2圖와 같은 實驗裝置에서 主電動機 IM 과 이에 直結된 直流發電機 DCG 만을 運轉하고 直流發



第2圖 實驗裝置結線圖

電機의 負荷 LR 를 調整하여 各負荷狀態에 있어서의 主電動機 入力電壓, 電流, 力率 및 廻轉速度等을 測定하여 誘導電動機의 負荷에 따른 力率의 變化狀態를 調査하였다.

(2) 實驗 2

第2圖와 같은 實驗裝置에 있어서 進相用蓄電器만은 連結하지 않고 直流電動機 DCM의 界磁電流를 調整하여 그 逆起電力을 120[V]되게 하고 이것을 主電動機 IM의 2次誘導電壓(整流된 것)과 反對方向으로 印加한 狀態에 있어서 主電動機의 負荷를 調整하여 各負荷狀態에 있어서 主電動機의 1次電壓, 1次電流, 1次力率, 2次電流 및 廻轉速度等을 測定함으로써 2次勵磁에 依한 速度制御時의 負荷變動에 따르는 力率變化狀態를 調査하였다.

(3) 實驗 3

第2圖와 같은 實驗裝置에 있어서 Δ 結線된 容量 215[μ F]의 進相用蓄電器 C를 그림과 같이 誘導電動機의 2次誘導電壓整流回路와 並列로 連結하고 實驗 2와 똑같은 實驗을 하여 2次勵磁에 依한 速度制御時의 負荷變動에 따르는 力率變化狀態가 어떻게 改善되는지를 調査하였다.

4. 實驗結果 및 考察

實驗 1, 2, 3의 測定結果는 各各 第1表, 第2表 및 第3表와 같이 되었다.

第1表 誘導電動機의 負荷試驗結果

1 次 電 力				負 荷 電 力			廻 轉 速 度	
V ₁ [V]	I ₁ [A]	P.F.[%]	P ₁ [W]	V ₄ [V]	I ₄ [A]	P ₄ [W]	N[rpm]	s[%]
220	4.65	21	372	100	0	0	1800	0
220	5.05	36	693	100	3	300	1790	0.56
220	5.6	46	982	100	6	600	1780	1.11
220	6.3	55	1320	100	9	900	1770	1.65
220	7.0	61	1627	100	12	1200	1760	2.22
220	7.9	66	1987	100	14.9	1490	1750	2.78
220	8.4	68	2177	100	16.5	1650	1745	3.06
220	8.6	68	2228	98	17.5	1715	1740	3.33

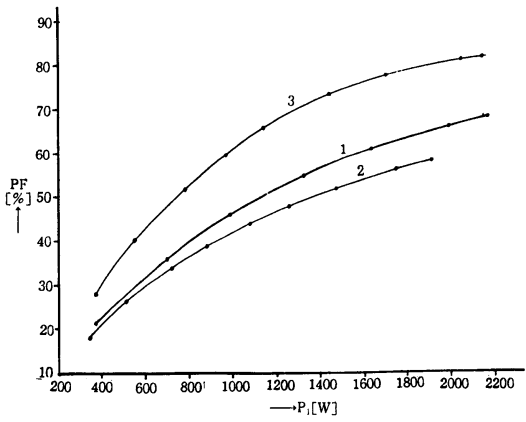
第2表 2次勵磁에 의한 速度制御時의 負荷試驗結果 (E_c=120[V])

1 次 電 力				2 次 電 流		負 荷 電 力			廻 轉 速 度	
V ₁ [V]	I ₁ [A]	P.F.[%]	P ₁ [W]	V ₂ [V]	I ₂ [A]	V ₄ [V]	I ₄ [A]	P ₄ [W]	N[rpm]	s[%]
220	4.8	18	329	92	1.1	69	0	0	1160	35.6
220	5.1	26	505	93	1.58	66	2	132	1150	36.1
220	5.5	34	713	94	2.1	65	3.8	247	1130	37.2
220	5.9	39	877	95	2.5	64	5.7	365	1120	37.8
220	6.4	44	1073	96	3.0	62.5	7.5	469	1110	38.3
220	6.8	48	1244	96.5	3.5	61	9.2	561	1100	38.9
220	7.4	52	1466	97	4.0	58.5	11.4	667	1090	39.4
220	8.0	57	1738	98	4.6	57	13.6	775	1060	41.1
220	8.6	58	1901	98.5	5.15	55	15.6	858	1040	42.2

第3表 2次勵磁時 蓄電器를 併用했을 때의 負荷試驗結果 (E_c=120[V])

1 次 電 力				2 次 電 流		負 荷 電 力			廻 轉 速 度	
V ₁ [V]	I ₁ [A]	P.F.[%]	P ₁ [W]	V ₂ [V]	I ₂ [A]	V ₄ [V]	I ₄ [A]	P ₄ [W]	N[rpm]	s[%]
220	3.4	28	363	92	1.58	69	0	0	1180	34.4
220	3.6	40	549	92.5	2.0	66	2	132	1170	35.0
220	3.9	52	773	93	2.4	65	3.8	247	1160	35.6
220	4.2	60	960	94	2.8	64	5.7	365	1150	36.1
220	4.5	66	1132	94.5	3.2	63	7.5	473	1140	36.7
220	5.1	73	1419	95	3.75	61.5	10.1	621	1130	37.2
220	5.7	78	1694	95.5	4.35	61	12.6	769	1120	37.8

220	6.6	81	2037	96	5.05	59	15.8	932	1110	38.3
220	6.8	82	2125	97	5.2	59	16.0	960	1110	38.3



第3圖 誘導電動機의 力率曲線

바와 같이 力率이 相當히 改善되므로 誘導電動機의 入力을 크게 取할 수 있고 따라서 그 出力을 增加시킬 수 있을 것이다. 이 때 誘導電動機의 負荷를 漸漸 增加시켜서 2次電流가 定格值까지 增加해 갈 때 1次電流 I_1 과 1次入力 P_1 은 蓄電器를 併用하지 않을 때와 併用할 때에 있어서 各各 어떻게 增加해 가는가를 圖表로 그려보면 第4圖와 같이 된다. 第4圖에 있어서 I_1 과 P_1 은 蓄電器를 併用하지 않을 때의 1次電流와 1次入力이고 I_1' 와 P_1' 는 蓄電器를 併用할 때의 1次電流와 1次入力이다.

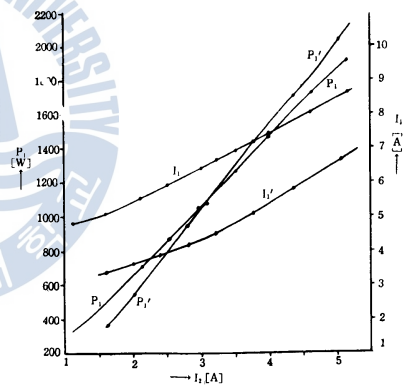
2次電流 I_2 가 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0, 4.5, 5.0, 5.2[A]를 取할 때 I_1, P_1, I_1', P_1' 의 값을 第4圖에서 求하여 보면 第4表와 같이 된다.

第4表 2次電流의 各값에 對한 1次電流와 1次入力

I_2 [A]	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.2
I_1 [A]	5.0	5.4	5.9	6.4	6.9	7.4	7.9	8.5	8.7
P_1 [W]	470	660	870	1070	1260	1460	1680	1870	1940
I_1' [A]	3.4	3.6	4.0	4.5	4.8	5.3	6.0	6.5	6.8
P_1' [W]	330	550	800	1040	1300	1550	1780	2020	2125

實驗 1,2,3에 있어서 1次入力 P_1 에 對한 力率을 曲線으로 表示하면 第3圖의 曲線 1,2,3과 같이 된다. 이 曲線에서 알 수 있는 바와 같이 誘導電動機를 2次勵磁에 依해서 速度制御할 때에는 力率이 全負荷時에 約 10[%] 떨어지는데 第2圖와 같이 2次整流回路와 並列로 進相蓄電器를 連結하여 運轉하면 力率이 24[%]程度 改善된다는 것을 알 수 있는데 그 理由에 對해서는 第1圖의 벡터圖에 依해서 理解할 수 있다.

誘導電動機의 2次回路에 第2圖와 같이 蓄電器를 並列로 連結하여 運轉할 때에는 위에서 記述한



第4圖 蓄電器併用時 1次電流와 1次入力에 미치는 效果

第4圖 또는 第4表에 依하면 誘導電動機의 2次回路에 適當한 容量의 蓄電器를 並列로 連結하여



運轉하면 1次入力, 따라서 出力이 相當히 增大된다는 것을 알 수 있다. 또 이 때 1次電流는 相當히 減少되므로 1次銅損이 작아져서 電動機의 效率이 좋아진다는 것을 알 수 있다.

本實驗에서는 誘導電動機의 2次回路에 並列로 蓄電器를 連結함으로써 力率이 58[%]에서 82[%]로 改善되었는데 參考로 이 誘導電動機의 1次捲線에 並列로 蓄電器를 連結하여 力率을 58[%]에서 82[%]로 같은 量만큼 改善하기 爲해서 所要되는 蓄電器容量을 求하여 보면 220[V], 60[Hz], 73.5[μ F], 1.34[kVA]로 되어 本實驗에 使用한 蓄電器容量 130[V], 30[Hz], 215[μ F], 0.685[kVA]와 比較해 보면 [μ F]容量은 約 1/3로 되고 [kVA]容量은 約 2倍로 됨을 알 수 있다.

5. 結 論

捲線型誘導電動機를 실리콘整流器와 電動發電機를 使用한 2次勵磁에 依해서 速度制御할 때에는 力率이 若干 떨어지는데 本實驗의 境遇에 있어서는 全負荷時에 約 10[%] 떨어진다. 이 때 誘導電動機의 2次回路에 2次誘導電壓의 整流回路와 並列로 適當한 容量의 蓄電器를 連結하여 運轉하면 다음과 같은 利點이 생긴다.

(1) 力率이 相當히 改善된다. 本實驗의 境遇에 있어서는 半負荷附近에 있어서 力率이 約 41[%]로부터 約 61[%]로 改善되고 全負荷時에는 力率이 約 58[%]에서 約 82[%]로 改善된다.

(2) 1次入力を 若干 增加시킬 수 있고 따라서 出力도 若干 增加시킬 수 있다. 本實驗의 境遇에 있어서는 1次入力を 約 10[%] 增加시킬 수 있다.

(3) 全負荷時에 1次電流 또는 2次電流가 減少되므로 銅損이 작아지고 따라서 電動機의 效率이 좋아진다. 本實驗의 境遇에 있어서는 1次電流가 約 23[%] 減少되므로 1次銅損은 約 40[%] 減少되고 效率이 좋아진다. 따라서 出力은 入力の 增加率 10[%]보다도 더 크게 增加하게 된다.

(4) 誘導電動機의 出力은 1次電流와 2次電流가 同時에 定格電流에 到達할 수 있도록 蓄電器容量을 選定할 때에 最大로 增加하게 될 것이다.

參 考 文 獻

- (1) RALPH R. LAWRENCE : Principle of Alternating Current machinery, McGRAW-HILL Book Company, INC, New York 1953, pp. 443~447.
- (2) 針本多久男 : 船用電機の理論と實際 下卷, 成山堂書店, pp. 404~408.
- (3) 宮入堅太 : 最新電氣機器學, 螢雪出版社, 1971, 3. 1, pp. 216~218.
- (4) 坪島茂彦 外一名 : 電動機の制御と應用, 東京電機大學出版部, 1977. 10. 10, pp. 47~48.



이 論文은 1981年度 文教部 學術研究助成費에 의하여 研究되었음.

單獨으로 作用하는 推進器 날개相互 間의 干涉效果

宋 江 燮

On the Mutual Interference of Propeller Blades
in Free Running Water

SONG, Kang-Sop

< 目 次 >

- | | |
|-----------------------------|-------------------|
| I. 序 言 | VI. 推進器 單獨試驗에의 應用 |
| II. 平板翼列 周邊흐름의 複素 Potential | VII. 結 論 |
| III. 平板翼列에 作用하는 힘과 Torque | 參考文獻 |
| IV. 單獨平板翼에 作用하는 힘과 Torque | 附 錄 |
| V. 날개相互間의 干涉效果 | |



Abstract

If a screw propeller is cut by a cylinder surface coaxial with the propeller axis and the cylinder surface is unrolled in the flat, planes sectional with the cylinder surface form a cascade. They are aerofoils of same shape, alined in a row and arranged with same attitude.

The flow around an aerofoil of the cascade is somewhat different from that around a single aerofoil, so that the force acting on the cascade might be different from that acting on the single aerofoil.

In this paper the interaction of propeller blades in free running water is treated theoretically and quantitatively and made of use in deciding the performance curve of a propeller with the test results of single aerofoils in a wind tunnel.

I. 序 言

螺旋推進器를 設計하는데 使用되는 方法에는, 試驗水槽에서 行한 系列的 模型推進器의 單獨試驗 結果에 의해서 作成된 圖表를 利用하는 方法과 循環理論을 基礎로 해서 設計하는 方法의 두 種類가 있다.

循環理論을 應用한 揚力線·揚力面 理論에 의한 設計方法은 近來 많은 研究者에 의해 開發되고,

實用的인 推進器의 設計도 可能해지고 있다. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7)

이들의 理論에 의한 數值計算은 一般設計者에게는 거의 不可能하고, 推進器의 最適直徑을 決定할 수 없는 等의 問題가 있어 試驗資料인 設計圖表를 利用한 推進器의 設計方法이 一般적으로 널리 使用되고 있다.

그러나 試驗水槽에서 系列의 模型推進器의 試驗을 行하려면, 莫大한 經費와 時間을 必要로 한다. 이에 比해 風洞에서의 單獨翼型의 試驗은 系列의 模型推進器 試驗보다는 比較的 簡單하게 行하여질 수 있으며, 많은 種類의 翼型의 性能資料가 發表되고 있다.⁸⁾

本論文에서는 空洞이 發生하지 않는 경우의 推進器 날개相互間의 干涉效果를 量的으로 求하고, 이 干涉效果를 利用하여, 上述한 單獨翼型의 試驗資料를 가지고서, 그 翼型斷面 形狀을 採用한 推進器의 單獨試驗性能을 判斷할 수 있는 方法을 提示하고자 한다.

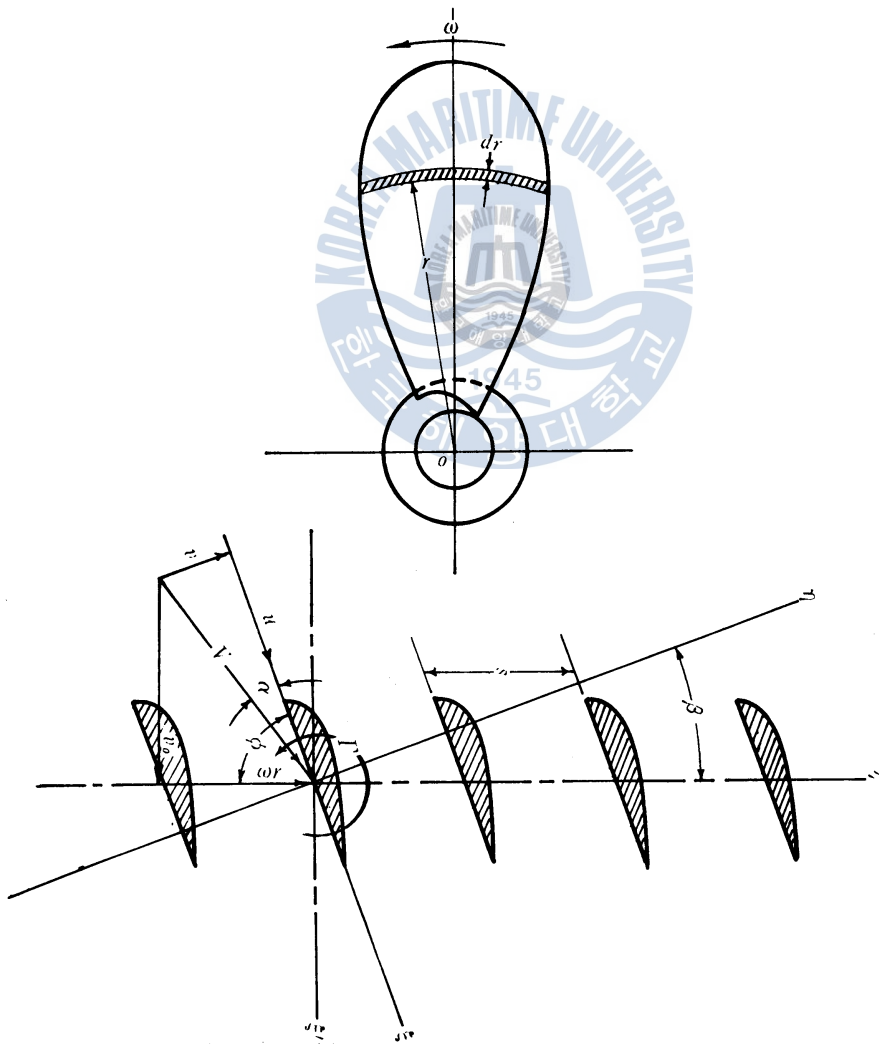


그림-1