

【論文】

소용량 EHD 발전에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Small Capacity
EHD Power Generation

전 춘 생* 이 재 복** 임 응 춘***
C.S. Jhoun J.B. Lee E.C. Lim

ABSTRACT

This paper describes an experimental study that was performed to determine the limiting factors on the power output in the closed cycle Electro-Hydro-Dynamic generator of small capacity.

A corona discharge for producing unipolar charged particles used as the charging method.

The experiment demonstrated that the corona method of charging was an efficient and effective means of producing unipolar charged particles.

Four factors having an effect on the power output characteristics of EHD generator are discussed and examined experimentally, using methyl alcohol and kerosene as working fluids;

- a. The conversion length between attractor and collector.
- b. The corona current of Emitter.
- c. The flow velocity of working fluids.
- d. Load resistance.

This results are as follows;

- 1) There in a critical value in conversion length for its maximum power output.
- 2) Power output increases almost linearly with corona current and flow velocity.
- 3) There is the critical value of load resistance producing a maximum power output.
- 4) Kerosene is known better working fluid than Methyl alochol in this EHD generator.

1. 서 론

최근, Klystron, X-ray tube 또는 특수가열
기등에 사용되는 DC고압전력원에 대한 요구

* 정회원 : 인하대 전기공학과

** 한국전기연구소

*** 오산공전전기과

가 점증하는 가운데 새로운 연구분야의 하나로 전계와 유체역학 이론을 병합한 전기유체역학적 발전 (Electrofluiddynamic power generator)에 관한 기초 및 응용연구가 현재 활발히 진행되고 있다.

EFD발전은 하전입자에 외력을 주어 전계와 반대로 이것을 이동시키면 전하는 그만큼 포텐셜에너지가 증가하게 되어 역학적 에너지가 전기적에너지로 변환하게 된다. 이때 유체입자는 코로나 방전에 의하여 전하를 띠게 된다.¹⁾

이상과 같은 발전방식을 EFD발전이라하며 전하를 운반하는 매체에 따라 EGD발전과 EHD발전으로 대별된다. 이때 기체에 의해 하전입자를 운반하면 EGD (Electro-Gas Dynamic) 발전이라고하고 절연성 액체를 통해 운반하는 경우에는 EHD (Electro-Hydro-Dynamic) 발전이라 한다.

Janner²⁾ 등은 마찰계수는 캐리어의 이동도에 반비례하므로 작동유체로써 절연성액체를 사용하면 기체의 마찰력으로 인해 낮은 에너지 변환효율을 가진 EGD발전방식보다 높은 효율을 얻을 수 있음을 시사하였다. 그후 O.M. Stuetzer^{3,4,5)} 가 절연성이 좋은 변압기유, 실리콘유, 피마자유등을 사용하여 이온수송-고전압발전기에서 전압 400 [KV] 전류 20 [μ A] 변환효율 11.1 [%]의 출력을 얻은바 있다. 이러한 EHD 발전의 특성으로는^{6,7,8)} 터빈등의 회전부가 없으므로 장치의 마찰, 소음, 진동으로 인한 고장이 거의 없어 안정성이 뛰어나며 발전장치를 구성하는데 있어 특수한 시설이나 부속장치가 필요없으므로 장치의 소형화를 도모할 수 있는 동시에 경제적으로 싼 비용으로 시스템을 설계 제작할 수 있다.

또한 필요에 따라 DC고전압으로 변압할 수 있으므로 DC고전압 저전류를 사용하는 전원으로 각종 전기기기에 이용할 수 있어 특별히 변압기나 정류장치를 설치할 필요가 없다.

그리고 같은 직접발전방식인 MHD발전이 저전압 대전류의 출력 특성을 갖는데 비해 고전압 저전류의 출력특성을 나타내는 EHD발전은 높은 온도에서 작동시킬 필요가 없으므로 내구성이 뛰어나고 전자석을 쓰지 않으므로 출력중량비가 크게 줄어든다.

그러나 장차 대출력발전장치로써 사용하기 위해서는 단극성 하전입자를 대량으로 발생시켜야 하므로 이에 대한 연구가 지속적으로 이루어져야 한다.

이와같은 점에도 불구하고 현단계에서 입자가속용 특수 직류고전압전원과 정전집진, 정전도장, 정전공기정화 등에 고전압저전류의 전원이 이용되고 있다는 것을 고려하면 실용적인 분야가 다양할 것으로 생각된다.⁶⁾

본 논문은 EHD발전기의 출력특성에 영향을 미치는 변환길이, 코로나전류, 작동유체의 유속과 부하저항을 조사함으로써 장차 대출력발전장치로 실현하는데 있어 기초자료를 얻는데 목적을 두고 있으며 물리적 특성이 서로 다른 등유와 메틸알코올을 작동유체로 사용하여 이에 대한 EHD발전기의 발전출력을 얻어 서로 비교 검토하였다.

2. 이론적 고찰

2-1 EHD발전의 원리

Fig. 2-1은 이온발생부 (Injector), 에너지변환부 (converter) 전하집전부 (collector)로 구성되어 있는 EHD발전시스템의 개략도를 나타내고 있다.

이와같은 구조에서 DC전원장치를 통해 코로나발생부인 도전성침상전극 (Emitter)과 원통전극 (Attractor) 사이에 코로나방전을 발생시키면 이미터에서 나온 전자가 매우 짧은 시간에 절연성액체의 중성분자에 부착되어 단극성 하전입자로된 부이온을 띤 전하가 된다.^{9,10)}

이 부이온은 Fig. 2-2의 (a)와같이 정지해 있

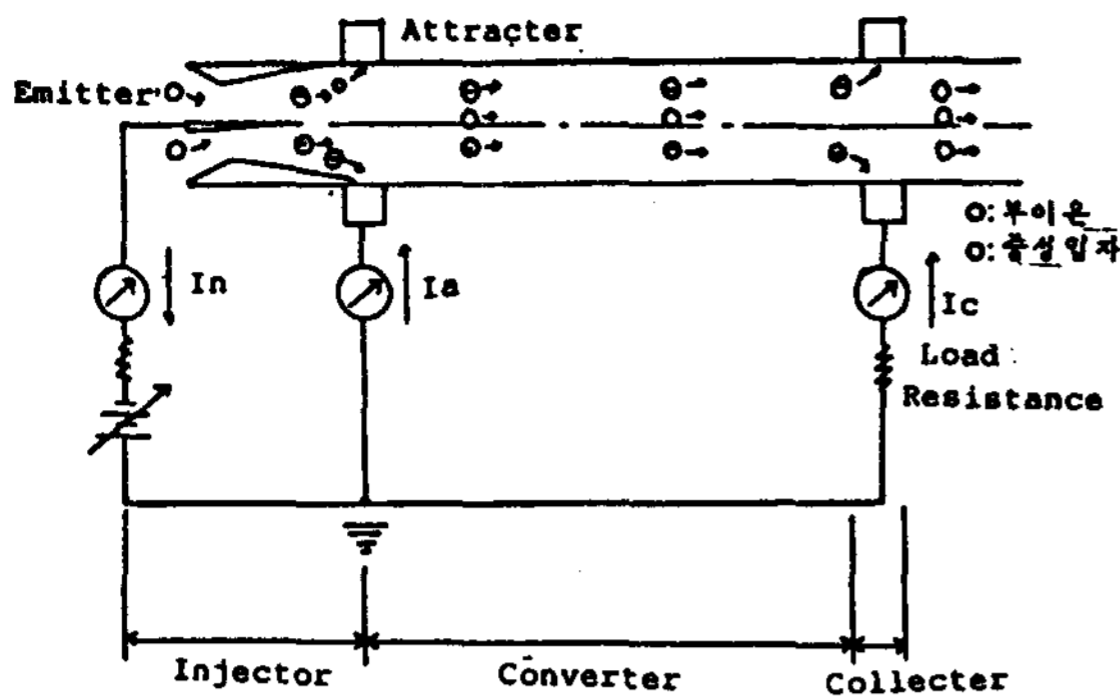


Fig. 2-1 The Schematic Diagram of EHD power Generation principle

을때에는 콜렉터로 이동하지 못하고 반대극성의 어트랙터를 향해 표류하지만 (b)와 같이 절액성 유체에 운동에너지를 주면 부이온은 전계와 반대방향으로 위치에너지 + 운동에너지를 받아 일부는 어트랙터로 다른 일부분은 절연체로 이루어진 발전로를 지나 콜렉터를 향해 이동한다.

이때 어트랙터에서 거리 X에 위치하고있는 콜렉터는 근처에 있는 부이온을 집전하여 콜렉터의 전위가 상승하게된다. 이 때문에 어트랙터와 콜렉터사이에 전위차가 생겨 외부의 부하저항 R을 통해 콜렉터전류 I_c 가 흐르고 $I_c^2 R$ 의 전력을 발생하게 된다. (11,12,13)

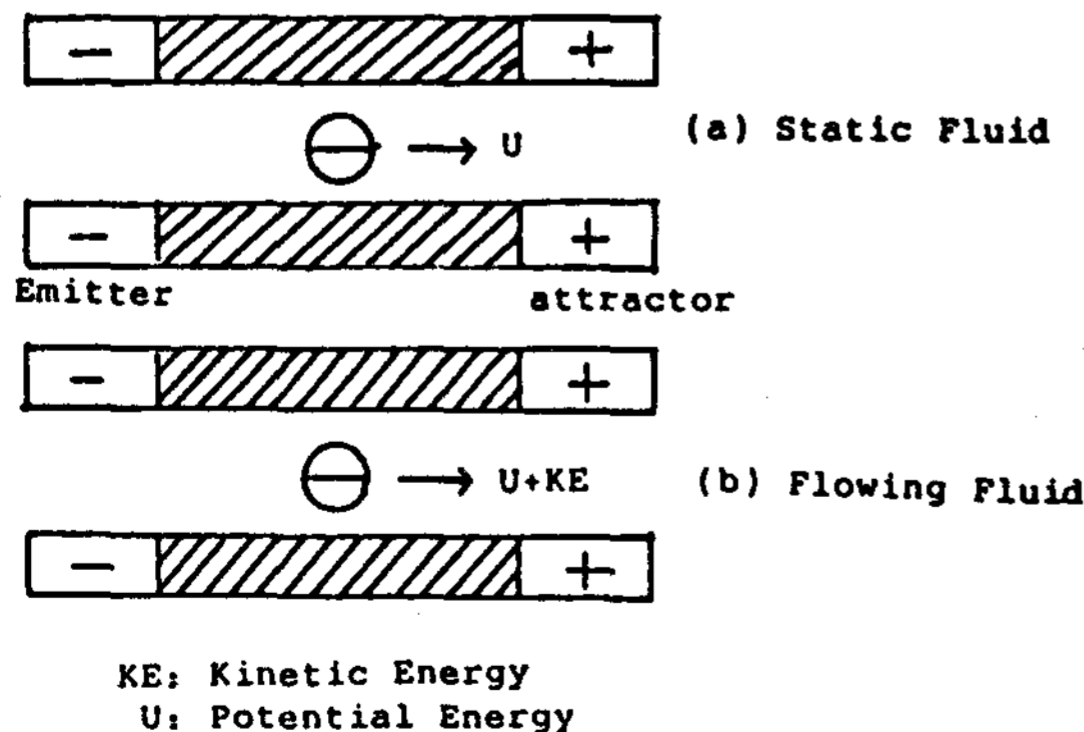


Fig. 2-2 The Transport of Negative Charged Particle

2-2 전하운송의 이론

기호

- J : 전류밀도 (Current density) [Amp/ m^2]
- $\rho(X)$: 전하밀도 (Charge density) [coul/ m^3]
- E : 전 계 (Electric field) [volt/ m]
- E_0 : $X = 0$ 에서의 전계 (Electric field at $X=0$) [volt/ m]
- V_f : 유체의 속도 (flow velocity) [m/sec]
- ϵ : 유전율 (Permittivity) [Farad/ m]
- X : 어트랙터와 콜렉터 사이의 거리 (distance between attractor and collector) [m]
- R : 부하저항 (load resistance) [ohm]
- I_c : 콜렉터전류 (collector current) [Amp]
- A : 변환역의 단면적 (cross sectional area of conversion channel) [m^2]
- μ : 하전입자의 이동도 (mobility of the charged particles) [$m^2/volt \cdot sec$]
- P : 출력전력 (Power output) [Watt]
- V_c : 콜렉터전압 (collector voltage) [volt]
- r : 변환역의 반지름 (radius of conversion channel) [m]

Fig. 2-3와 같은 이상적인 발전기에서 유체 속도가 흐름방향에 수직인 실단면적에 대해서도 불변이라고 가정한다.

$X \gg r$ 의 발전로에서 r의 성분을 무시하고 L방향의 성분만을 고려한 일차원적 모델을 가정하면 전류밀도는 전 발전도에 대하여 일정하므로 전류밀도의 연속방정식은 2,3,4)

$$J = [V_f + \mu E(X)] \rho(X) \dots \dots \dots (1)$$

가되고 전계는 포아송 (poisson)의 방정식에 서

$$\frac{d^2 v}{dX^2} = -\frac{dE(X)}{dX} = -\frac{\rho(X)}{\epsilon} \dots \dots \dots (2)$$

가 된다.

$X = 0$, 즉 X_0 에서 전계를 E_0 라 놓고 식 (1), (2), 를 풀면 전계와 전위는 각각

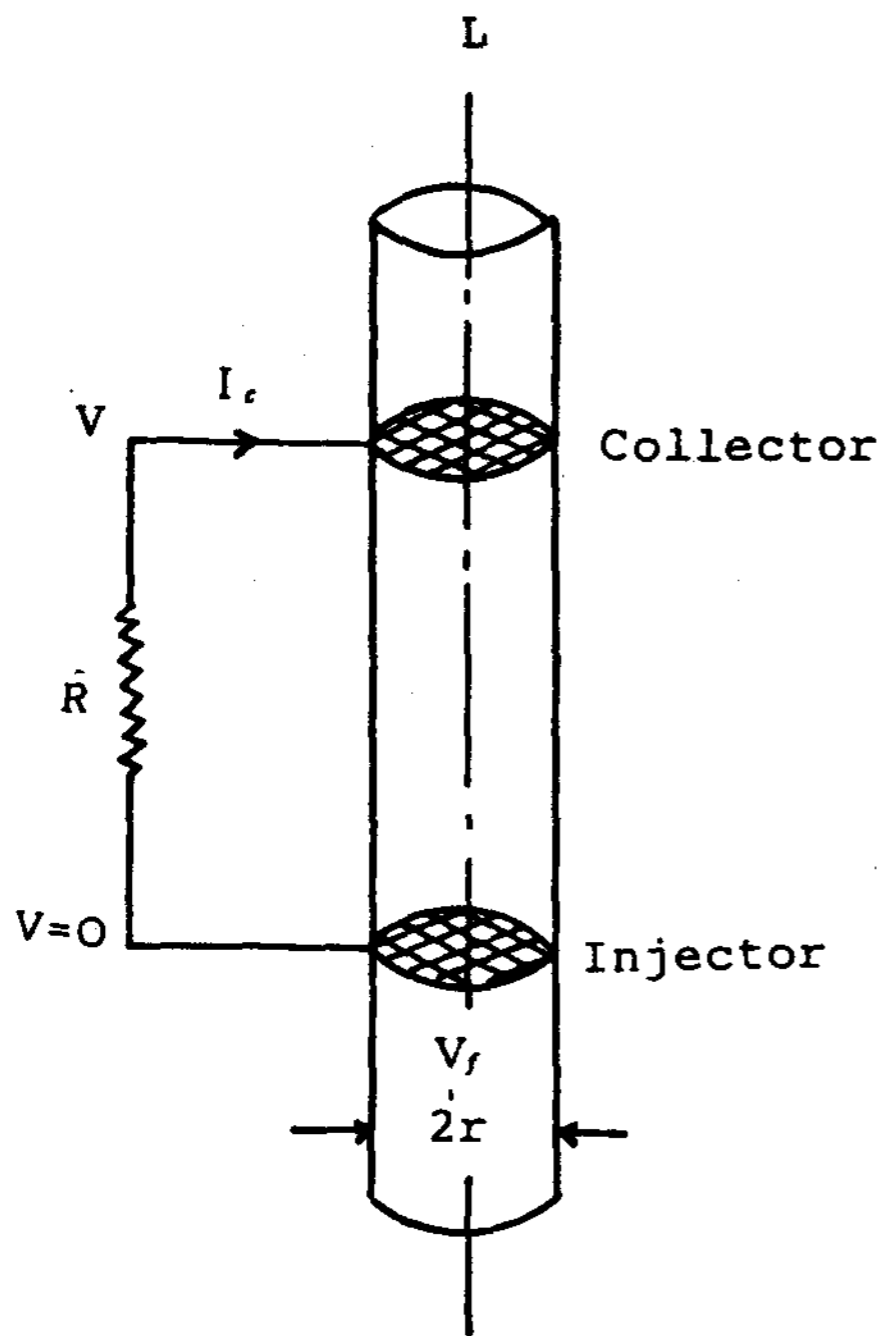


Fig. 2-3 One Dimensional Model of EHD Generator

$$E(X) = \left[\frac{2J}{\mu\epsilon} X + \left(E_0 + \frac{V_f}{\mu} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} - \frac{V_f}{\mu} \dots\dots\dots (3)$$

$$V(X) = -\int_0^X E(X) dX = \frac{\mu\epsilon}{3J} \left\{ \left(E_0 + \frac{V_f}{\mu} \right)^3 - \left[\frac{2J}{\mu\epsilon} X + \left(E_0 + \frac{V_f}{\mu} \right)^2 \right]^{\frac{3}{2}} \right\} + \frac{V_f}{\mu} X \dots\dots\dots (4)$$

가 된다.

식 (3)으로부터 X_0 는 다음과같이 전계의 2차함수로 변한다.

$$X_0 = -\frac{A\mu\epsilon E_0^2}{2I_c} \left(\frac{2V_f}{\mu E_0} + 1 \right) \dots\dots\dots (5)$$

그리고 이 X_0 에서 전계는 0이 된다.

식 (4)로부터 출력 전력은

$$P = V(X) \cdot I_c = \frac{A\mu\epsilon}{3} \left\{ \left(E_0 + \frac{V_f}{\mu} \right)^3 - \left[\frac{2L}{A\epsilon\mu} I_c + \left(E_0 + \frac{V_f}{\mu} \right)^2 \right]^{\frac{3}{2}} \right\} + \frac{V_f L}{\mu} I_c \dots\dots\dots (6)$$

가 된다.

$\mu E(X) \ll V_f$ 일때 즉 하전입자의 구동속도가 유체의 속도보다 훨씬 작을때는 $E(X)$, $V(X)$ 와 구별하여 $E'(X)$, $V'(X)$ 라고 하면 식(1)(2)로부터

$$E'(X) = E_0 + \frac{I_c}{AV_f \epsilon} X \dots\dots\dots (7)$$

$$V'(X) = -E_0 X - \frac{I_c}{2AV_f \epsilon} X^2 \dots\dots\dots (8)$$

이 된다. 여기서 $E'(X)$ 는 선형적으로 변하고 X_0 와 대응하는 X_0' 가 다음과 같이 될때 0이된다.

$$X_0' = \frac{AV_f \epsilon E_0}{I_c} \dots\dots\dots (9)$$

또 출력은

$$P' = V'(X) \cdot I_c = E_0 L I_c - \frac{I_c^2 L^2}{2AV_f \epsilon} \dots\dots\dots (10)$$

가 된다.

최대 출력을 계산하려면 식(6) 혹은 (10)를 I_c 와 E_0 에 대해 DI분한후 이것을 0로 놓아 구한다.

$$\frac{\partial P}{\partial I_c} = 0 \text{에서 } E(L) = 0 \dots\dots\dots (11)$$

$$\frac{\partial P}{\partial E_0} = 0 \text{에서 } E_0 = -\frac{V_f}{\mu} \dots\dots\dots (12)$$

$$I_c = 0$$

이 된다.

이 두식의 $E(L) = 0$ 와 $E(0) = \frac{-V_f}{\mu}$ 에서 최대출력의 조건이 얻어진다. 식 (3)에 $E_0 = \frac{-V_f}{\mu}$ 를 대입하면 $I_c = \frac{A\epsilon V_f^2}{2L\mu}$ (13)

가 되고 또 식(13)을 식(6)에 대입하면 최대출력은

$$P_{max} = \frac{A\epsilon V_f^3}{6\mu^2} \dots\dots\dots (14)$$

가 되고 이때의 저항은

$$R_{max} = \frac{P_{max}}{I_c^2} = \frac{2X^2}{3A\epsilon V_f} \dots\dots\dots (15)$$

가 된다.

3. 실험장치 및 실험방법

3-1. EFD발전기의 설계

Fig.3-1은 여러가지 EHD발전 시스템에 대한 작동유체의 대전방법 에너지 변환역 그리고 콜렉터의 설계방법등을 도식적으로 나타낸 것이다.

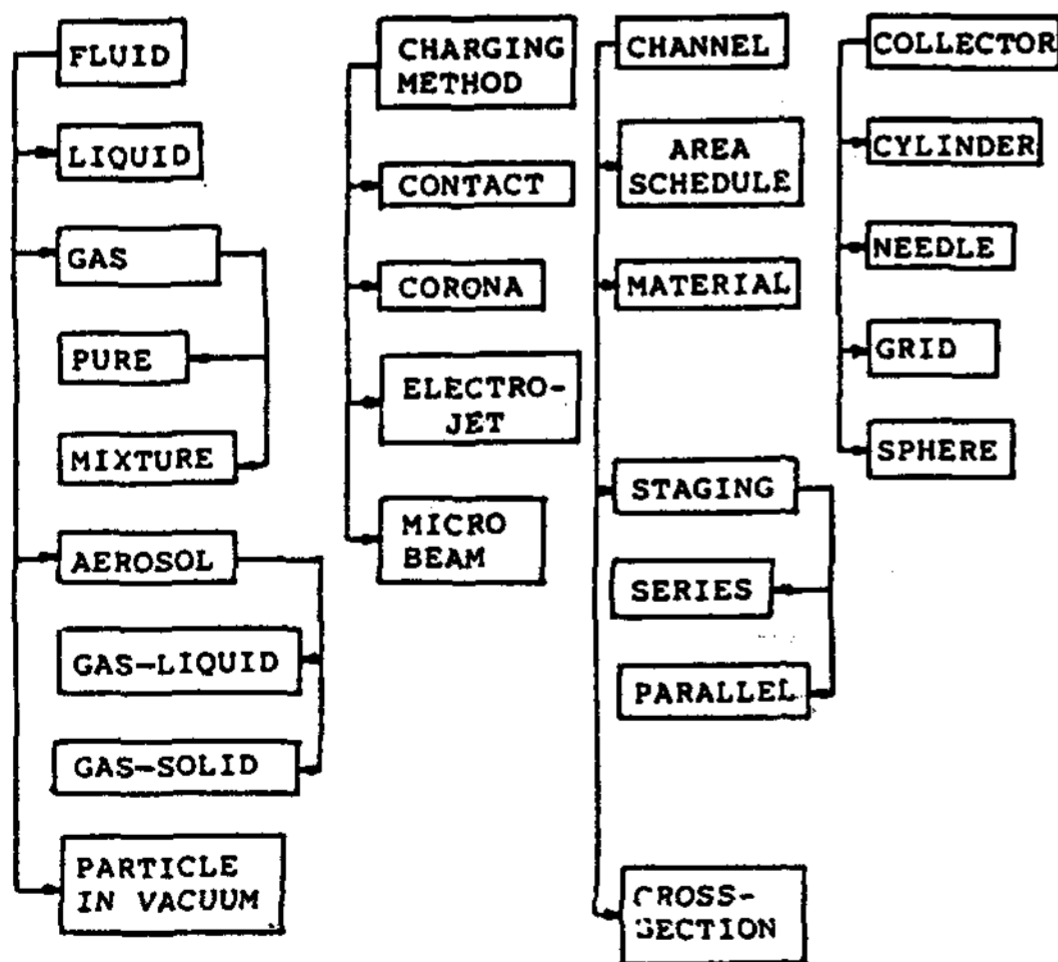


Fig. 3-1 Various EFD Power Generation System

먼저 EFD발전기에서는 코로나방전이나 다른 대전방법으로 생성된 단극성 하전입자를 운

송하는 작동유체에는 액체 기체 에어로졸 및 진공중에 단극성 하전입자들을 넣어서 사용한다.

이때 기체를 사용할때에는 고압용기 내의 가스나 고압용 압축기를 사용하여 고속도의 압축유체를 단독으로 이용하는 경우와 고속도의 공기에 전기적 부성가스인 SF₆, O₂가스등을 혼합하여 집전능을 향상시키기도 한다. (13,14)

또한 액체프레온 혹은 분진을 고속의 공기에 실려 보내는 방법이 있으며 발전기 내부를 진공으로 하여 그중의 하전입자를 작동매체 (working medium)로 사용하기도 한다.

대전방법으로는 (13,14) 접촉대전 (contact charging), 전기분사대전 (electrojet charging), 마이크로파대전 (microwave charging), 코로나대전 (corona charging) 등이 있다. 접촉대전은 기체가 기체보다 더 큰 일함수를 가진 도체를 통과할때 기체와 금속사이에 접촉마찰이 생겨 대전을 시키는 것이며 변환역의 단면적이 크게되므로 효율이 떨어지며 비용이 많이드는 결점이 있다.

전기분사 대전방법은 고압력하에 있는 액체로 중성유체를 운송시키며 가는 구리관이 코로나 전극과 액체를 운송시키는 전송로 역할을 하게된다. 그러나 이 방법은 드롭렛 (droplet)의 크기가 일정하지 않고 발전로에 습기가 차는 경우가 많다.

마이크로 대전방법은 강전계가 존재하는 두 전극 (Emitter와 Attractor) 사이에 마이크로빔을 조사하여서 대전시키는 방법으로 전자와 이온이 재결합하기전에 이온으로부터 전자를 분리시키는데 어려움이 있기 때문에 현재 별로 사용하지 않고 있으나 많은 연구가 진행되고 있다.

코로나 대전은 EFD발전에 가장많이 사용되는 방법이며 침상전극인 이미터에 방전을 일으켜 중성유체를 대전시키는 방법이다. 이 방

법은 간단하고 부속장치가 적기 때문에 많이 이용되고 있다.

변환역에는 2 가지 종류 15) 즉

- 1) Broad channel type
- 2) Slender channel type

으로 구분할 수 있다.

Broad channel type 은 어트랙터와 콜렉터 사이에 변환역이 존재하며 어트랙터와 똑같은 평면에 존재하는 침상전극에서 하전입자가 주입된다. Slender channel type 은 발전기를 다단 (병렬 혹은 직렬) 으로 연결하여 사용한다. 그리고 Broad channel type 은 부하저항을 직렬로 연결하여 고압의 전력을 분압하여 사용하기가 편리한 이점이 있다.

또한 변환역의 재료로는 일반적으로 전기적 절연성이 우수한 투명합성수지인 루사이트 (lucite) 혹은 아크릴을 사용하고 변환역의 단면적은 크기에 따라 유속의 차가 있으므로 최적설계가 이루어져야한다.

집전방법에는 일반적으로 원통형전극, 구형전극, 침상전극, 격자형전극 등을 이용한다.

전극의 형태에 따라 집전성능에 차이가 있기 때문에 각각의 발전기 구성부에 맞는 전극을 사용해야 한다.

본 실험에 사용된 발전장치는 작동유체로써 전기적 절연성 액체를 사용한 것이며 Table 3-1 과 같은 설계 방식을 사용하였다.

그리고 각종작동유체에 대한 물성치는 Table 3-2 에 나타내었다

Table 3-1 The Method of EHD Generator Design

작동유체	등유와 메틸알코올
대전방법	침상전극을 이용한 코로나방전
변환역	1 단 (one stage)
집전방법	원통전극과 구전극을 병합한 2 중구조

Table 3-2 Physical Properties of Several Materials

물질	유전율 (ϵ/ϵ_0)	점성 η (Newton.sec/m ²)	이동도 μ (m ² /Volt.sec)	상대밀도 d (kg/m ³)
공기	1	1.7×10^{-6}	+ion: 1.4×10^{-4} -ion: 2.0×10^{-4}	0.0013
SF ₆	1		1.4×10^{-4}	0.0062
액체질소 (80°K)	1.5	1.7×10^{-4}	1×10^{-6}	0.88
프레온 113 (CCl ₂ F-CClF ₂)	2.4	0.62×10^{-3}	6×10^{-7}	1.56
절연유 (WEMCO "C")	2.16	12×10^{-3}	4×10^{-7}	0.87
광유	2.16	0.05	80×10^{-7}	0.86
실리콘유 (Dow "550")	2.8	0.13	35×10^{-7}	1.04
파라핀유	4.5	0.95	2.7×10^{-7}	0.96
CCl ₄	2.15	1×10^{-3}	7×10^{-7}	1.6
등유	2.04	1.9×10^{-3}	3×10^{-7}	0.75
메틸알코올 (CH ₃ OH)	37.7	0.55	3.2×10^{-1}	0.79

* 온도표시가 없는 물성치는 실내온도임.

3-2 EHD 발전기의 제작

Fig. 3-2는 실험에 사용된 발전장치의 구성도이며 Fig. 3-3은 발전기의 각 부분에 대한 크기와 재질을 나타낸 것이다.

이온발생부에 코로나 방전을 일으키기 위해서 Fig. 3-3과 같이 이미터를 직경 2 [mm]의 동선을 테이퍼 (Taper) 형으로 가공하여 설치하였다.

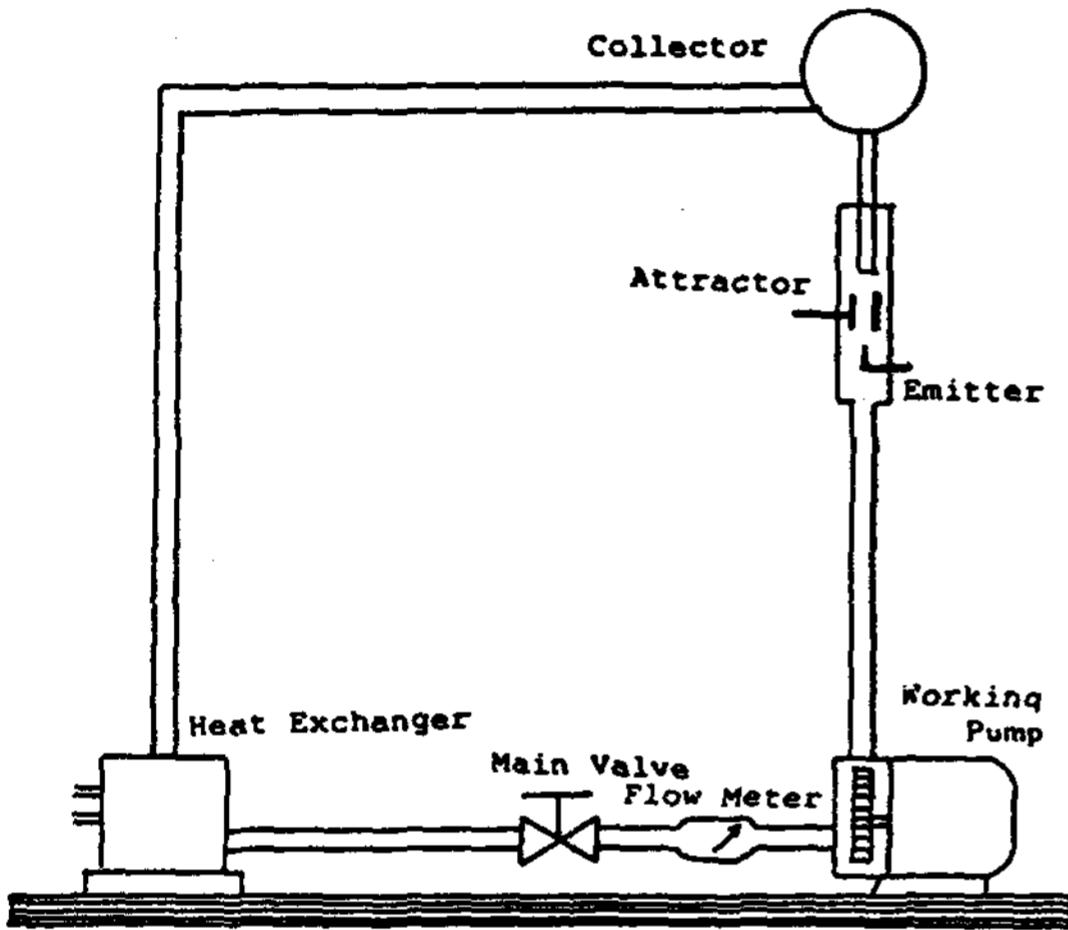


Fig. 3-2 The Block Diagram of EHD power Generation System

어트랙터는 동봉을 사용하여 외경 12 [mm], 내경 9 [mm], 길이 10 [mm]의 원통형으로 만들어 유체의 흐름을 원활하게 하였고 이것과 이미터와의 간격을 5 [mm]로 유지하여 일정부분에서 코로나방전이 발생하게 하였다.

발전로 혹은 변환역 (converter)은 고전압의 발생으로 인하여 발전로의 절연파괴가 일어나기 쉬우므로 전기적절연성이 좋은 아크릴을 사용하였으며 작동유체의 누출로 생기는 유속의 변화와 발전로의 절연파괴를 방지하기 위해 모든 이음부에는 에폭시 접착제를 사용하였다. 그리고 변환길이를 조정하기 위해 발전소 상단에 신축성과 절연성이 좋은 원통형 실리콘고무벨트를 설치하였다. 컬렉터는 전하의 집적을 쉽게하기 위하여 외경 12[mm], 내경

10 [mm]의 원통형 구리관을 사용하였고 그 내부에는 가는 구리선을 설치하였다. 또한 상단의 구형 컬렉터와 전기적으로 접촉시켜 이중으로 전하를 집전하게끔 하였다.

이때 사용된 구의 재질은 외경 160 [mm], 내경 159 [mm]의 스테인레스 강철이며 구내부에 원충전극과 마찬가지로 많은 구리선을 접속하였다.

3-3 실험방법

Fig. 3-3와 같이 클로오즈방식 EHD 발전장치를 제작하여 액체탱크 내부에 작동유체(등유 혹은 메틸알코올)를 주입하였다. 주밸브를 열어 전 유로상에 작동유체의 누출여부를 검사한뒤 직류분권전동기로 된 작동펌프를 동작시켜 유체의 속도를 변화시켰다.

이때 유로를 통해 흐르는 유량은 적산형 유량계로 측정하였고 이에 상응하는 유속은 V_f

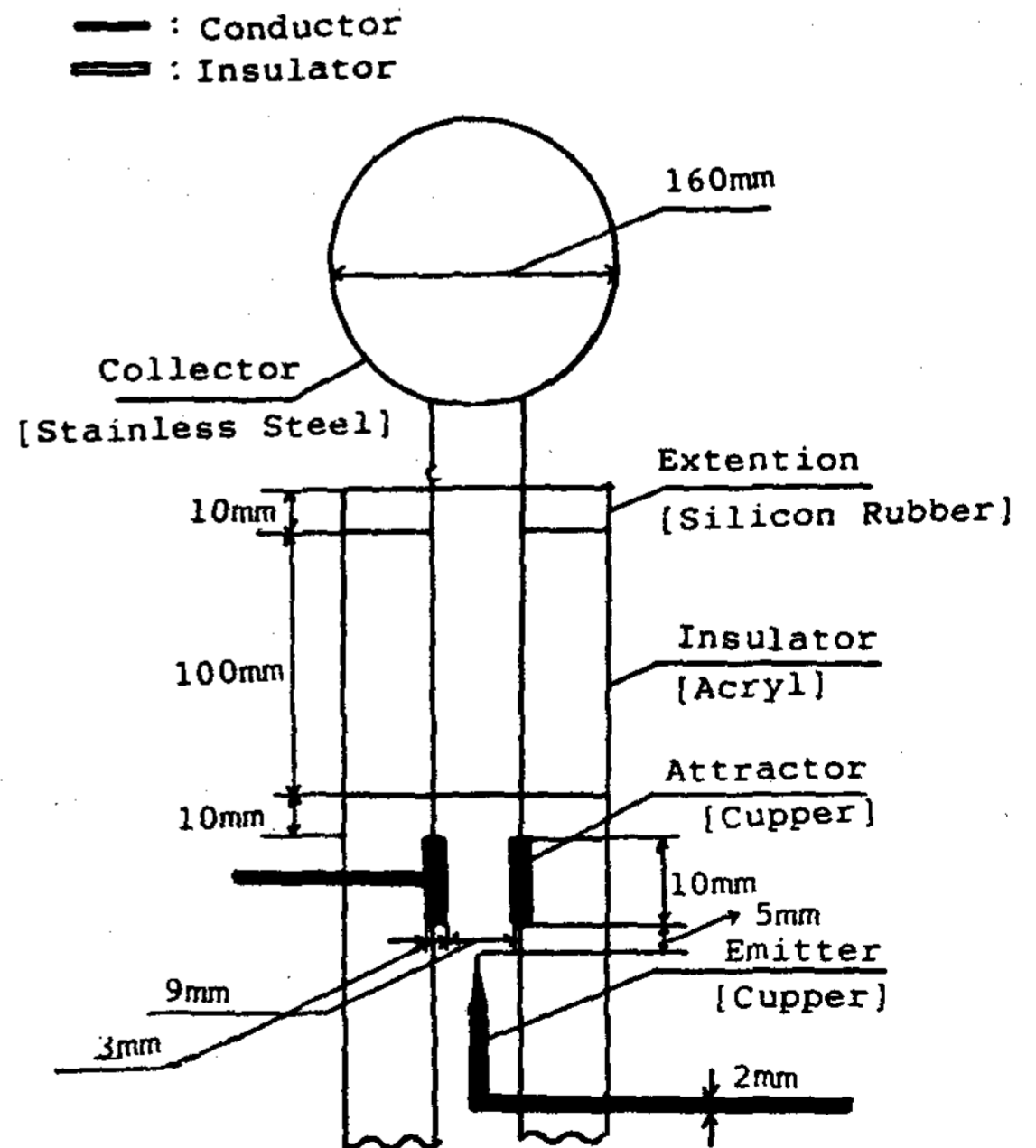


Fig. 3-3 The Main Part of EHD Generator

$= \frac{Q}{A}$, [Q : 유량 A : 유로의 단면적, V_f : 유속]의 식을 이용하여 계산하였다.

DC 코로나방전을 발생시켜 단극성하전입자를 생성시키기 위하여 브릿지형 정류기에서 얻은 0 ~ 20 kv의 직류고전압을 이미터와 직렬로 100 [MΩ]의 저항을 연결한후 인가하고 코로나방전을 시켰다. 이때 침상전극인 이미터에 부극성을 가한 이유는 정극성에 비해 안정한 단극성 하전입자가 발생되고 이로 인해 높은 발전출력을 얻을 수 있기 때문이었다.

작동유체가 전 유로를 순환하는 동안 열에너지를 받아 온도가 높아지기 때문에 열교환기를 사용하여 섭씨 17 [C]로 일정하게 유지시켰다.

실험에 사용한 부하저항은 250 [KΩ], 2[W] 권선저항을 직렬로 연결하고 고전압의 발생으로 인하여 저항사이에 방전현상이 일어나는것을 방지하였다.

4. 실험결과 및 고찰

4-1 코로나 전류 [I_n]의 변화에 대한 출력특성

Fig. 4-1은 부하저항 $R = 2.42$ [MΩ], 유속 $V_f = 9 \times 10^{-1}$ [m/sec], 변환길이가 $X = 30$ [mm]일때 코로나전류 I_n 에 대한 출력전압 즉 콜렉터전압 V_c 및 출력 P의 관계를 나타낸 것이다.

DC 입력전압을 조정하여 코로나전류를 제한하는 100 [MΩ]의 저항을 통해 이미터와 어트랙터 사이에 코로나방전을 시키면 공간전하가 형성되어서 단극성하전입자를 발생하게 된다.

이때 두 전극사이에 전계를 증가시키면 I_n 이 증가하게되고 I_n 의 증가에 비례하여 단극성하전입자의 발생량이 많아져 콜렉터전압과 출력이 상승할 것이다.

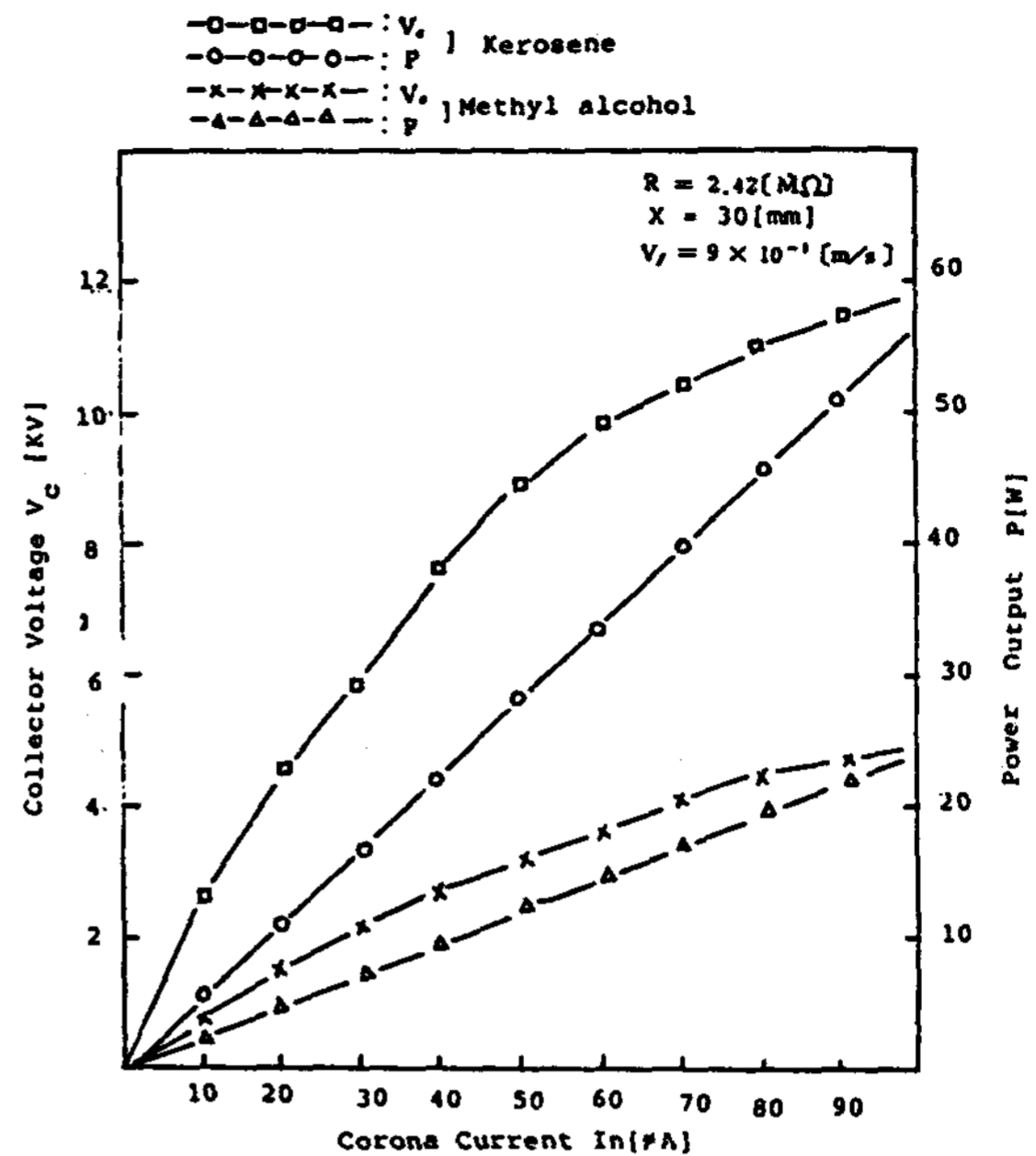


Fig. 4-1 Corona Current Dependence of Collector Voltage and Power Output

그러나 코로나전류 I_n 이 100 [μA] 이상이 되면, 이미터와 어트랙터 두 전극사이에 아아크전류가 흘러 이온발생부에서 안정된 단극성 하전입자가 생성될 수 없게된다.

Fig. 4-1에서 나타난 바와 같이 작동유체로써 등유를 사용한 경우가 메틸알코올보다 더 좋은 출력특성을 나타내고 있음을 알 수 있다. 이것은 Table 3-2에 나타난 각 물질에 대한 물성치에서 보는 바와 같이 등유가 메틸알코올에 비해 이온의 이동도 μ 가 훨씬 작기 때문에 식 (4)와 식 (6)의 이론식으로부터 등유쪽이 높은 출력특성을 나타낸다고 볼 수 있다. 또한 식 (14)에서 알 수 있듯이 출력특성은 유전율에 의해서도 영향을 받으나 등유와 메틸알코올의 이동도 (μ)의 큰 차이로 인해(등유: $\mu = 3 \times 10^{-7}$ 메틸알코올 $\mu = 3.2 \times 10^{-7}$) 계산상 무시할 수 있다.

4-2. 변환길이 [X]의 변화에 대한 출력특성

Fig.4-2는 등유와 메틸알코올을 작동유체

로 사용하였을때 변환길이 X 에 대한 콜렉터 전압과 출력의 변화를 측정된 결과를 나타낸 것이다. 이 그림에서 변환길이를 증가시키면 콜렉터전압과 출력에는 극대값을 나타내는 임계길이 X_m 의 값이 있다는 것을 알 수 있다.

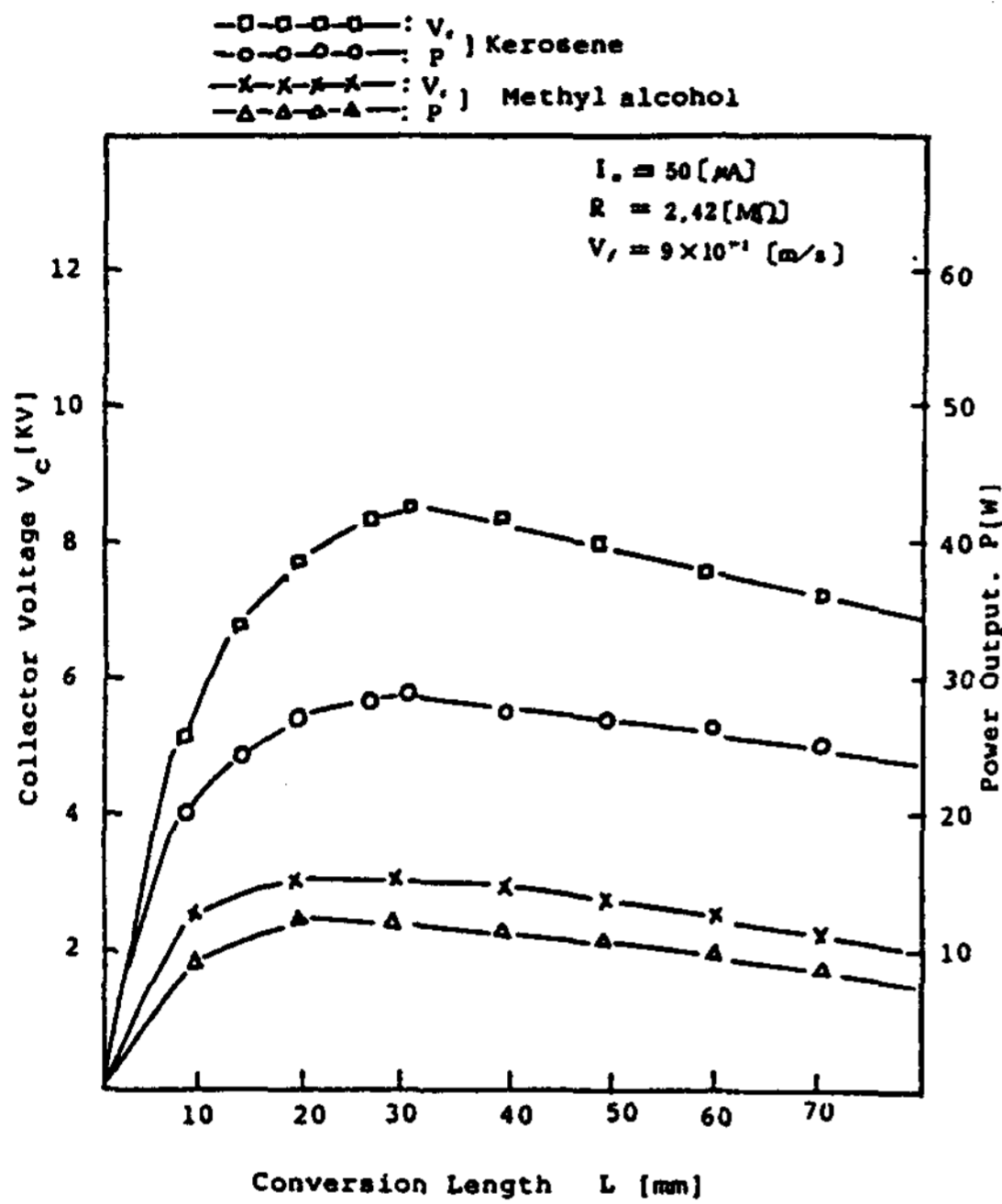


Fig. 4-2 Conversion Length Dependence of Collector Voltage and power output

즉 이미터에서 발생한 단극성하전입자인 부이온이 발진로를 통해 이동하는 과정에서 X_m 까지는 콜렉터에 집전되는 전하량이 증가하여 콜렉터전압 V_c 와 출력 P 의 증가가 생긴다고 볼 수 있지만 X_m 이상에서는 콜렉터에 집전되는 전하량이 감소하여 V_c 와 P 가 감소하고 있다.

이와같은 이유는 부이온이 어트랙터를 통해 콜렉터로 이동할 때에 축전되는 전하의 양이 증가하지만 X_m 이상에서는 이 미터에서 방출된 부이온이 어트랙터보다 멀리 떨어져 있는 콜렉터로 이동하는 시간이 길어져 콜렉터로 이동하는 전하의 일부가 어트랙터에 유입되어 콜렉터의 집전전하량을 감소시키는 결과라고 생

각된다.

또 다른 이유로는 어트랙터와 콜렉터 사이의 발진로에 존재하는 작동유체의 불순물중 성입자와 부이온이 재결합하는 과정에서 부이온의 양을 감소시키므로 콜렉터전압과 출력이 감소하는 현상이 나타난다고 볼 수 있다.

이때 최대출력특성을 나타내는 변환길이의 임계치 X_m 은 등유에서는 30 (mm), 메틸알코올에서는 20 (mm)이다.

4-3 유속 [V_f]의 변화에 대한 출력특성

Fig. 4-3은 유속음 $V_f = 3 \sim 15 \times 10^{-1}$ [m/sec]사이로 조정하고 부하저항을 $R = 2.42$ [MΩ] 코로나전류 $I_m = 50$ [μA], 변환길이가 $X = 30$ [mm]일때 출력의 변화를 나타낸 곡선이다. EHD 발진기에서 발생하는 전력은 콜렉터에 집전되는 전하량의 증가에 비례하므로 변환역은 전기절연성이 우수하고 유체와 마찰계수가 작은 재료를 사용함과 동시에 콜렉터의

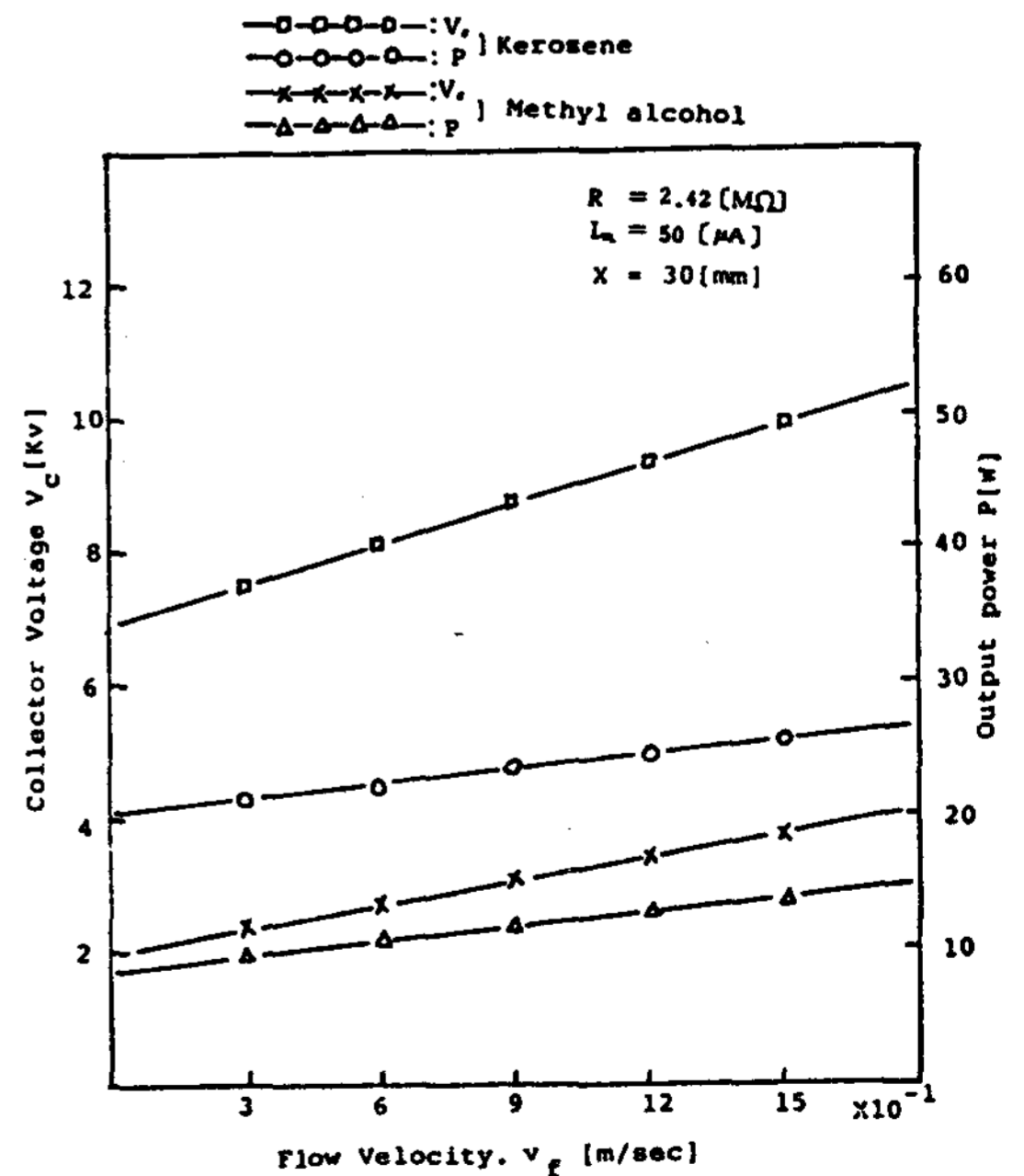


Fig. 4-3 Flow Velocity Dependence of Collector Voltage power output

적정설계를 통해 집전능을 향상시키면 높은 출력을 얻을 수 있게된다.

결국 집전전하량을 증가시키기 위해서는 가능한한 어트랙터에 유입되는 전하 즉 부이온의 양을 줄이고 콜렉터에 이 전하들이 많이 집전될 수 있도록 캐리어의 속도를 증대시켜야한다고 본다. 그러므로 유속을 증가시키면 코로나전류에 의해서 생긴 부이온이 가지고 있는 포텐셜에너지와 유체의 운동에너지의 합이 커지므로 유속에 비례하여 콜렉터전압과 출력이 커짐을 알 수 있다.

4-4 외부특성곡선

Fig. 4-4는 $I_n = 50 [\mu A]$, $X = 30 [mm]$, $V_f = 9 \times 10^{-1} [m/sec]$ 에서 EHD 발전기의 외부특성곡선을 나타낸 것이다 부하저항 R를 감소시켜 콜렉터전류 I_c 를 증가시키면 콜렉터 전압은 감소하지만 출력전압은 발전기의 내부저항과 부하저항이 정합하는 어떤 콜렉터

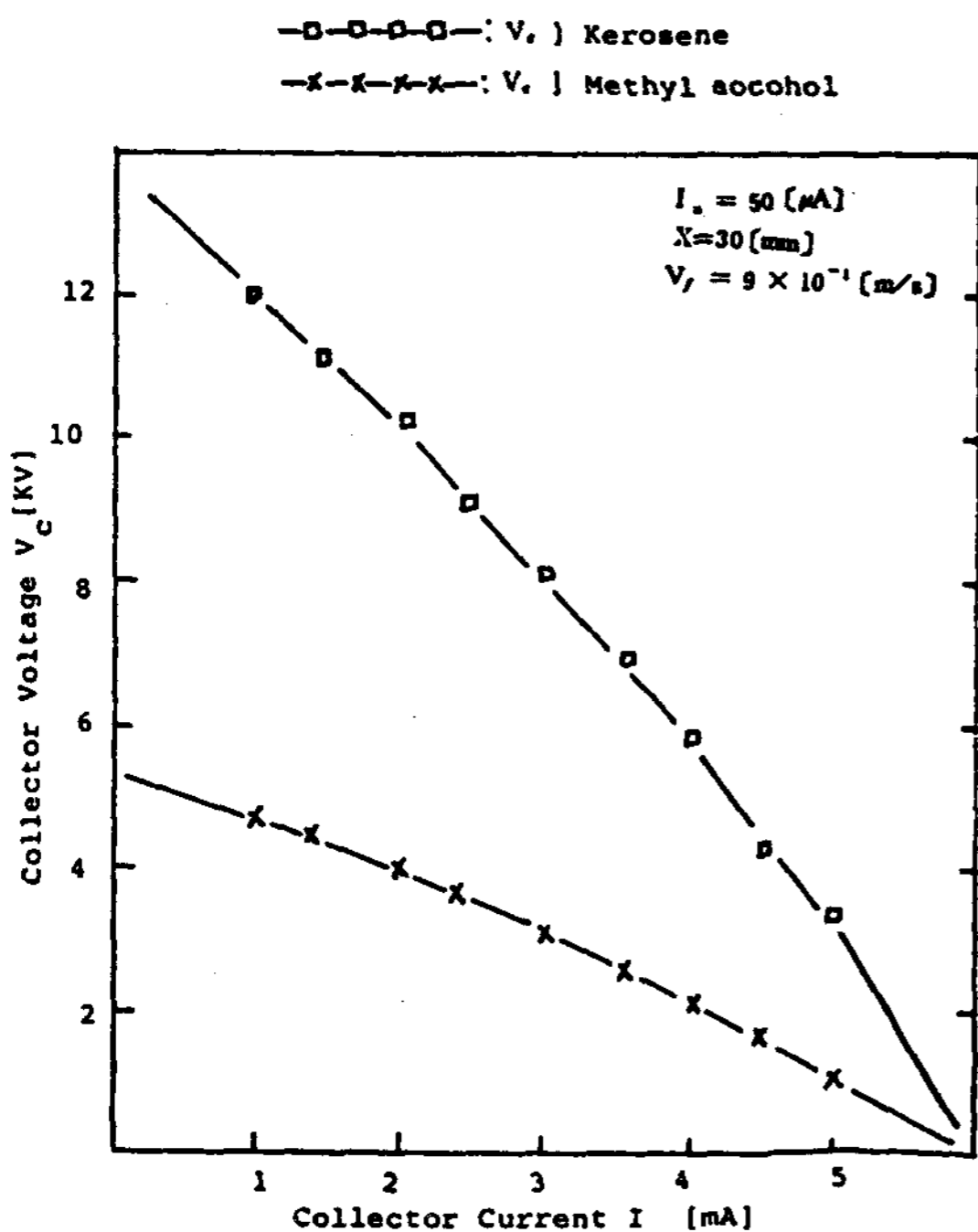


Fig. 4-4 External Characteristics of EHD Generator

전류값에서 최대치를 갖게된다. 실험결과에 따르면 작동유체가 등유일때는 콜렉터 전압 8.2 [KV], 콜렉터전류 3 [mA]일때 부하저항은 2.72 [MΩ] 정도였고, 메틸알코올을 작동 유체로 사용했을 경우에는 콜렉터전압이 3 [KV], 콜렉터전류가 3 [mA]일때 1 [MΩ]의 부하저항에서 최대출력을 나타내었다.

이로써 발전기의 내부저항은 작동유체의 종류에 따라 달라짐을 알 수 있다.

5. 결론

본 연구는 소용량 EHD 발전기를 제작한 후 발전기의 변환길이, 코로나전류 및 작동유체의 속도가 발전기의 출력특성에 미치는 영향을 조사한 것이며 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 최대출력을 나타내는 변환길이의 임계치 X_m 이 존재하는데 등유에서는 $X_m = 30 [mm]$, 메틸알코올에서는 $X_m = 20 [mm]$ 로 나타났다.
- 2) 발전기출력 즉 콜렉터전압과 콜렉터전류는 유속과 코로나전류에 따라 거의 직선적으로 증가한다.
- 3) 최대출력을 나타내는 부하저항의 임계치 R_m 이 존재하며 등유에서는 2.73 [MΩ], 메틸알코올에서는 1 [MΩ]으로 나타났다.
- 4) 작동유체로서 메틸알코올보다 전기적 절연성이 우수하고 이온의 이동도가 낮은 등유가 더 높은 출력특성을 나타내었다.
- 5) 본 실험에서 얻은 EHD 발전기의 최대 출력은 약 52 [W]였다.

REFERENCE

1. M.C. Gouridine, E. Barreto, and M.P. Khan, "On the Performance of EGD Generators" proc. 5th symposium on Engineering Aspect of MHD, 1964.

2. K. Janner, S. Magum, and E. Schopper, Z. Angew, physikl, pp. 446 (1955).
3. O.M. Stuetzer, "Drag Pressure Generation," J. Appl. Phys. Vol. 30, pp. 984-988 (1959).
4. O.M. Stuetzer, "Ion Drag Pump," J. Appl. Phys. Vol. 31, pp. 136-138 (1960).
5. O.M. Stuetzer, "Ion Transport High Voltage Generator," Rev. Sci. Instr. Vol. 32, pp. 16-20 (1961).
6. A.D. Moore, Electrostatic and Its Applications, A. Wiley-Interscience . publication (1973), pp. 156-157.
7. T.R. Brogan, "MHD Power Generation," IEEE, Spectrum Vol. pp. 58-65 (1964).
8. Lewis, B. Please, R.N., and Taylor, H.S., Conversion Process of High speed Aerodynamics and Jet propulsion princeton university press, Vol. II (1956), pp. 52-62.
9. A. Lucile cox, "Colloidal Electrohydrodynamic Energy Converter," AIAA, J. Vol. 1, No. 11, pp. 16-22 (1961).
10. Theodore, L. Willke, "Electrofluiddynamic Generator," AIAA, J. Vol. 10, No. 2, pp. 653-656 (1972).
11. Alvin M. Marks, "Optimum charged Aerosols for power Conversion," J. Appl. Phys. Vol. 2, No. 1, Jan. (1972).
12. A. Marks and E. Barreto, "Charged Aerosol Energy Converter," AIAA. J. Vol. 2, No. 1, pp. 64-66 (1976).
13. M. Goldman, "Corona and Insulation," IEEE, Trans. on Electrical Insulation, Vol. EI-17, No. 2, April (1982).
14. Inculet I.I., "Particle charging in DC corona Field," IEEE. Trans. Elec. Ins. Vol. EI-17, No. 2 (1982-4).
15. M. Sato and Y. Ozawa, "Optimal Duct Configuration for Incompressible Type Electrofluiddynamic power Generator," J. Nadear Science and Technology 13, 6, pp. 333 (June 1976).