ATOVAC

주식회사 아토벡

AFC500/600-D
Rev. Date 09/2022
Instruction Manual

AFC 500/600-D

Digital Mass Flow Controller

(주)아토벡 ATOVAC Co., Ltd.

176-11, Mapyeong-dong, Cheoin-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do, Korea

Tel : 82-31-526-0526 Fax : 82-70-8650-0526

Web site : http//www.atovac.com e-mail : atovac@atovac.com

WARRANTY

(주)아토벡에서 생산하는 Mass Flow Controller(AFC500/600-D)는
보증수리기간을 1년으로 한다. 단, 사용자의 부주의로 인한
고장일 경우 보증수리기간에 관계없이 유상 수리를 원칙으로 한다.

실 사용자는 제품에 하자가 있거나 이상한 증상을 발견하였을 경우
임의로 제품을 분해 할 수 없으며, 임의로 제품을 분해 할 경우
보증수리기간은 자동으로 말소되므로 당 사에 문의하여 적절한
조치 및 무상 수리를 받도록 한다.

그리고 제품에 대한 정보 및
자료들은 Internet Home Page를 통해 제공 받을 수 있다.

AFC500/600-D
09/2022

AFC 500/600-D

Digital Mass Flow Controller

IMPORTANT

장비를 Install하거나 Operation하기 전에 꼭 이 Manual을 숙지 하시기 바랍니다.

이 장비의 규정된 방법에 따라 전기적인 Connection과 Grounding을 해야 하므로 부적절한 사용으로 인해 발생하는 문제에 대해서는 소비자께서 직접 책임을 지셔야 하므로 이 Manual의 지시대로 따라 주시기 바랍니다.

CAUTION

이 장비를 인도 받았을 때, 전달 도중 장비나 외관에 손상을 입었는지 확인 하십시오.

AFC 500/600 Mass Flow Controller는 기본적으로 +/- 15VDC 에서 동작하도록 되었습니다.

SAFETY WARNING

임의로 Mass Flow Controller를 분해 하지 마십시오.

※ NOTE : 당사의 제품과 Manual을 더 향상시키기 위하여 항상 노력하고 있습니다. 사용 중에 발생하는 어떠한 불편한 점이라도 알려 주시면 좋은 정보로 활용 하도록 하겠습니다

Tel : 031)526-0526 web site : http://www.atovac.com
Fax : 070)8650-0526 e-mail : atovac@atovac.com

Customer Support

기본적으로 본 제품에 대한 수리는 당사에서만 가능하므로, 제품에 하자가 발생할 경우에는 당사로 연락을 주시고 필요한 조치를 받으십시오.

보내실 곳 : 경기도 용인시 처인구 마평동 176-11번지(용인시 처인구 중부대로 1758번길 63-4) 아토벡

CONTENTS

Chapter One : General Information

Introduction

AFC 500/600-D Digital Mass Flow Controller는 Gas Bottle 에서 나오는 Gas를 고객이 원하는 일정한 유량의 값으로 흐르게 하기 위한 장치이다.
단위로는 SCCM(Standard Cubic Centimeter per Minutes)을 사용한다.

AFC500/600-D Digital Mass Flow Controller 는 일반적으로 산업용을 포함하여 반도체 공정, FPD,LED등 모든 공정에 사용할 수 있도록 설계되어 있다.
Control 범위로는 10 Sccm 부터 50 SLM 까지 가능하며 , User 필요에 따라 Range 를 설정하여 사용하면 된다.
AFC500/600-D Digital Mass Flow Controller 는 Full Scale의 1% 에 해당하는 오차를 가지고 있으며, Warm-up 시간이 거의 필요하지 않도록 설계되어 있다.

AFC500/600-D Digital Mass Flow Controller는 9 Pin D-sub Male Connector로 되어 있으며, GMC1200 과 같은 MFC Power Supply & Display Unit 과 함께 사용하여 Analog 로도 사용이 가능하며, RS485 통신으로도 사용이 가능하다.

Fitting은 1/4 Swagelok 또는 1/4 VCR mail Type이며 Viton Seal을 기본으로 사용하며 옵션에 따라 Kalrez & Purfluoroelastomer 으로 제작이 가능하다.

Product Specifications

Full Scale (N2 equivalent)	10 SCCM ~ 50 SLM
Max, Inlet Pressure	150 Psig
Normal Operating Pressure Differential	10 to 40 PSID
Control Range	2% to 100% of Full Scale
Accuracy	+/- 1.0% of Full Scale
Resolution	0.1% of Full Scale
Warm-up Time	<2 Min
Controller Settling Time	<2 Seconds(to within 2% of set point)
Normal Operating Temperature Range	0 °C to 50 °C
Input Voltage Required	+ 15~ + 24 VDC(+/- 5%)@ 200mA
Set Point Command Signal	0 to 5 VDC (Option : 0 to 10 VDC , 4 to 20 mA)
Output Signal	0 to 5 VDC (Option : 0 to 10 VDC , 4 to 20 mA)
Serial Communication	RS485
Connector Type	9 Pin D-SUB Male
Wetted Materials	316L S.S ., Viton, Kalrez & Purfluoroelastomer
Leak Integrity (External: scc/sec He)	$<1 \times 10^{-9}$
Fittings(Male)	1/4 Swagelok, 1/4 VCR

Table 1 : AFC 500/600-D Specifications

Chapter Two : Installation

Unpack

당사에서는 본 제품의 포장 시 최대한 주의하여 포장하고 있으나 간혹 내용물의 분실이나 운송 중 파손이 발생할 수도 있으니 사용자께서는 물건을 인수 후 내용물의 상태를 확인하시기 바랍니다.
내용물에 하자가 있을 경우에는 바로 당사에 연락 하여 조치를 받을 수 있도록 하십시오.

Unpacking Check List

- AFC500/600 Unit
- Manual (this book)
- Optional Items

Installation

제품의 개봉은 가급적이면 Clean Room 시설이 되 있는 곳에서 개봉을 한다.
Gasket의 필요유무를 확인한 후 필요 시 Gasket을 준비한다.
제품 Case의 Gas Flow 방향을 확인 후 연결한다.
Interface Cable(Controller to MFC) 을 연결하여 사용한다.
Gas Bottle 의 압력(15 to 30 PSID)을 확인 후 사용한다.

Drawing

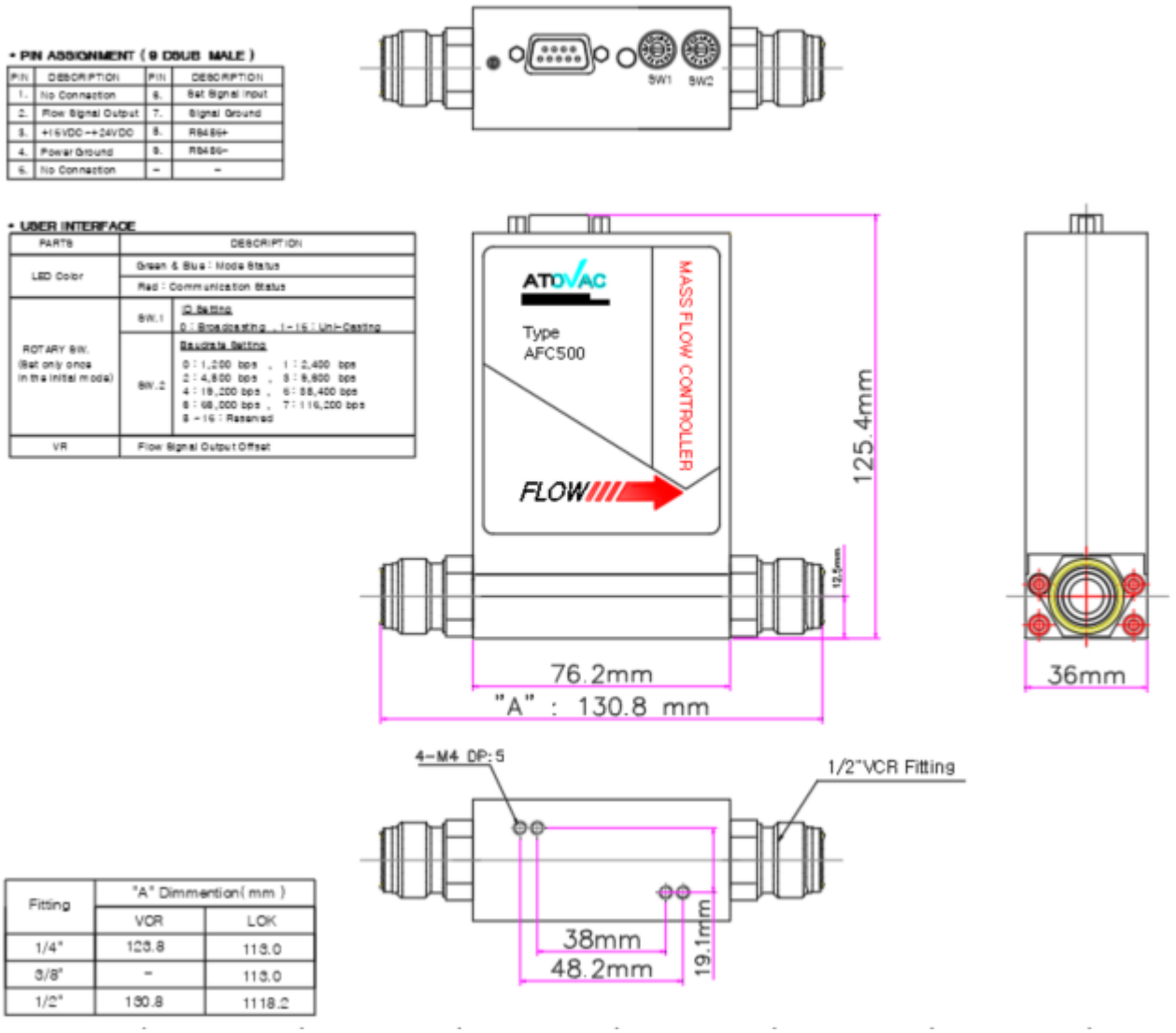


Figure 1 : AFC 500/600 Drawing

Installation Environment

Operating Environmental Requirements

- 사용 주변 온도 : 15 ~ 50℃ (59 ~ 122°F)
- 공기 순환이 잘 되는 곳
- 습도가 낮고 건조 한곳
- 제품의 안정된 동작 및 안전을 위하여 Chassis Grounding이 필요함.

Electrical Connections

MFC Pin-out	
Pin No.	Assignment
1	No Connection
2	Flow Signal Output
3	+ 15 ~ 24 VDC Supply
4	Power Ground
5	N.C
6	Set-point Input
7	Signal Ground
8	RS485+
9	RS485-
9-pin, D-sub Connector (male)	

Table 2 : MFC Pin-out

MFC Pin-out (RS485)	
Pin No.	Assignment
1	N.C.
2	N.C.
3	+ 15VDC Supply
4	Power Ground
5	-15VDC Supply
6	N.C.
7	Ground
8	RS485+
9	RS485-
9-pin, D-sub Connector (male)	

Table 2 : MFC Pin-out

Labels

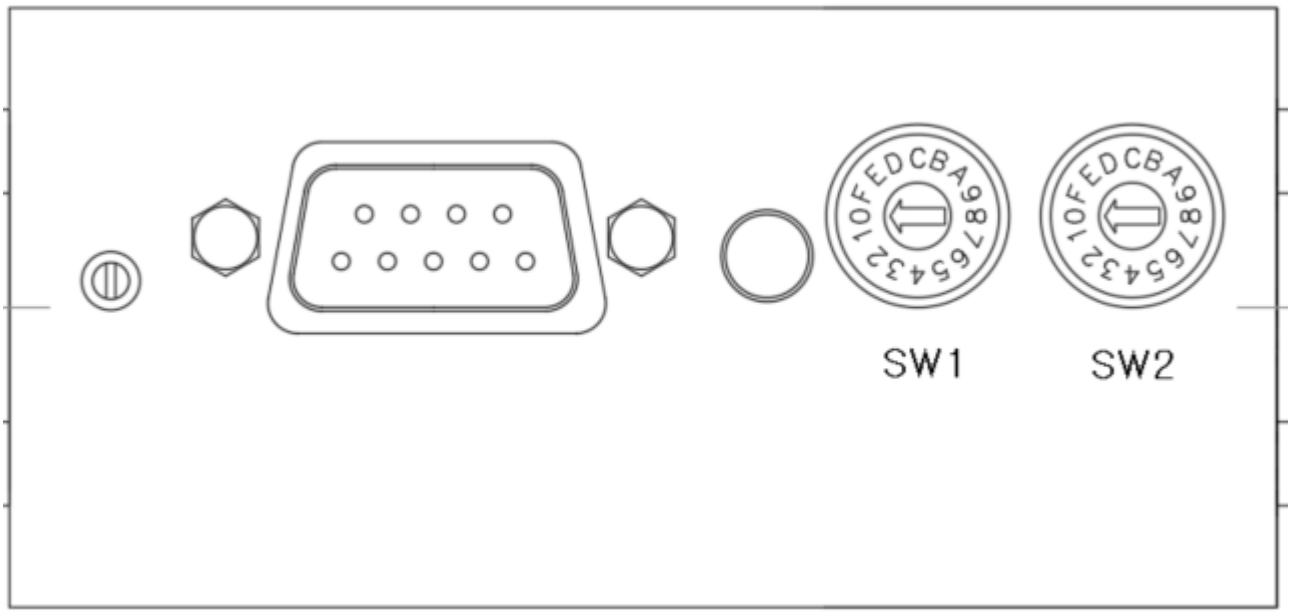
Serial Number Label은 AFC 500/600-D의 아래 부분에 부착되어 있으며
Model Number, Serial Number 등이 기록되어 있다.

Model # : **AFC500-D**	**Gas: N2**
Serial # : **M1270212100**	**Range : 100 SCCM**
ATOVAC.CO.LTD	**www.atovac.com**

Chapter Three : Operation

How To Start Up the MFC

1. Leak Test 를 실시
2. Interface Cable 연결(MFC to Power Supply)
3. Zero Setting
   - Gas 를 공급한 후 Bottle 의 압력을 Setting 한다
   - Set-point(Pin 6 & 7) 에 0.000VDC 공급한다.
   - Zero Port를 이용하여 Display가 0.000 VDC 가 되도록 조절한다.



4. 이상이 없을 경우, 원하는 유량만큼 Set-Point에 전압을 인가하여 사용한다.

How To Start Up the MFC (Digital RS485)

RS-485

1. Leak Test 를 실시
2. Interface Cable 연결(MFC to Power Supply)
3. Zero Setting
   - Gas 를 공급한 후 Bottle 의 압력을 Setting 한다
   - SW1 , SW2 를 통해 ID 및 Baudrate 설정 한다.
   - RS485 Command 를 이용하여 MFC 를 Control 한다.

* USER INTERFACE

PARTS	DESCRIPTION	
LED Color	Green & Blue : Mode Status	
	Red : Communication Status	
ROTARY SW. (Set only once in the initial mode)	SW.1	ID Setting 0 : Broadcasting , 1~15 : Uni-Casting
	SW.2	Baudrate Setting 0 : 1,200 bps , 1 : 2,400 bps 2 : 4,800 bps , 3 : 9,600 bps 4 : 19,200 bps , 5 : 38,400 bps 6 : 56,000 bps , 7 : 115,200 bps 8 ~15 : Reserved
VR	Flow Signal Output Offset	

Chapter Four : Gas Correction Factors

Common Gases.

Acetic Acid	$C_2H_4F_2$	0.4155
Acetic Acid, Anhydride	$C_4H_6O_3$	0.2580
Acetone	C_3H_6O	0.3556
Acetonitryl	C_2H_3N	0.5178
Acetylene	C_2H_2	0.6255
Air	Air	1.0015
Allene	C_3H_4	0.4514
Ammonia	NH_3	0.7807
Argon	Ar	1.4047
Arsine	AsH_3	0.7592
Benzene	C_6H_6	0.3057
Boron Trichloride	BCl_3	0.4421
Boron Triflouride	BF_3	0.5431
Bromine	Br_2	0.8007
Bromochlorodifluoromethane	$CBrClF_2$	0.3684
Bromodifluoromethane	$CHBrF_2$	0.4644
Bromotrifluormethane	$CBrF_3$	0.3943
Butane	C_4H_{10}	0.2622
Butanol	$C_4H_{10}O$	0.2406
Butene	C_4H_8	0.3056
Carbon Dioxide	CO_2	0.7526
Carbon Disulfide	CS_2	0.6160
Carbon Monoxide	CO	1.0012
Carbon Tetrachloride	CCl_4	0.3333
Carbonyl Sulfide	COS	0.6680
Chlorine	Cl_2	0.8451
Chlorine Trifluoride	ClF_3	0.4496
Chlorobenzene	C_6H_5Cl	0.2614
Chlorodifluoroethane	$C_2H_3ClF_2$	0.3216
Chloroform	$CHCl_3$	0.4192
Chloropentafluoroethane	C_2ClF_5	0.2437
Chloropropane	C_3H_7Cl	0.3080

Cisbutene	C_4H_8	0.3004
Cyanogen	C_2N_2	0.4924
Cyanogen Chloride	ClCN	0.6486
Cyclobutane	C_4H_8	0.3562
Cyclopropane	C_3H_6	0.4562
Deuterium	H^2_2	1.0003
Diborane	B_2H_6	0.5063
Dibromodifluoromethane	CBr2F2	0.3590
Dichlorofluoromethane	$CHCl_2F$	0.4481
Dichloromethane	CH_2Cl_2	0.5322
Dichloropropane	$C_3H_6Cl_2$	0.2698
Dichlorosilane	H_2SiCl_2	0.4716
Diethyl Amine	$C_4H_{11}N$	0.2256
Diethyl Ether	$C_4H_{10}O$	0.2235
Diethyl Sulfide	$C_4H_{10}S$	0.2255
Difluoroethylene	$C_2H_2F_2$	0.4492
Dimethylamine	C_2H_7N	0.3705
Dimethyl Ether	C_2H_6O	0.4088
Dimethyl Sulfide	C_2H_6S	0.3623
Divinyl	C_4H_6	0.3248
Ethane	C_2H_6	0.4998
Ethane, 1-chloro-1,1,2,2-tetrafluoro-	C_2HClF_4	0.2684
Ethane, 1-chloro-1,2,2,2-tetrafluoro-	C_2HClF_4	0.2719
Ethanol	C_2H_6O	0.4046
Ethylacetylene	C_4H_6	0.3256
Ethyl Amine	C_2H_7N	0.3694
Ethylbenzene	C_8H_{10}	0.2001
Ethyl Bromide	C_2H_5Br	0.4124
Ethyl Chloride	C_2H_5Cl	0.4212
Ethyl Fluoride	C_2H_5F	0.4430
Ethylene	C_2H_4	0.6062
Ethylene Dibromide	$C_2H_4Br_2$	0.3173
Ethylene Dichloride	$C_2H_4Cl_2$	0.3475
Ethylene Oxide	C_2H_4O	0.5308
Ethyleneimine	C_2H_4N	0.4790
Ethylidene Dichloride	$C_2H_4Cl_2$	0.3506
Ethyl Mercaptan	C_2H_6S	0.3654
Fluorine	F_2	0.9115
Formaldehyde	CH_2O	0.7912
Freon 11	CCl_3F	0.3535

Freon 12	CCl_2F_2	0.3712
Freon 13	$CClF_3$	0.3792
Freon 14	CF_4	0.4422
Freon 22	$CHClF_2$	0.4857
Freon 23	CHF_3	0.5282
Freon 114	$C_2Cl_2F_4$	0.2327
Furan	C_4H_4O	0.3889
Helium	He	1.4005
Heptafluoropropane	C_3HF_7	0.1987
Hexamethyldisilazane	$C_6H_{19}NSi_2$	0.1224
Hexamethyldisiloxane	$C_6H_{18}OSi_2$	0.1224
Hexane	C_6H_{14}	0.1828
Hexafluorobenzene	C_6F_6	0.1733
Hexene	C_6H_{12}	0.1918
Hydrazine	N_2H_4	0.5506
Hydrogen	H_2	1.0038
Hydrogen Bromide	HBr	1.0028
Hydrogen Chloride	HCl	1.0034
Hydrogen Cyanide	CHN	0.7772
Hydrogen Fluoride	HF	1.0039
Hydrogen Iodide	HI	0.9996
Hydrogen Selenide	H_2Se	0.8412
Hydrogen Sulfide	H_2S	0.8420
Isobutane	C_4H_{10}	0.2725
Isobutanol	$C_4H_{10}O$	0.2391
Isobutene	C_4H_8	0.2984
Isopentane	C_5H_{12}	0.2175
Isopropyl Alcohol	C_3H_8O	0.2931
Isoxazole	C_3H_3NO	0.4333
Ketene	C_2H_2O	0.5732
Krypton	Kr	1.4042
Methane	CH_4	0.7787
Methanol	CH_4O	0.6167
Methyl Acetate	$C_3H_6O_2$	0.3083
Methyl Acetylene	C_3H_4	0.4430
Methylamine	CH_5N	0.5360
Methyl Bromide	CH_3Br	0.6358
Methyl Chloride	CH_3Cl	0.6639
Methylcyclohexane	C_7H_{14}	0.1853
Methyl Ethyl Amine	C_3H_9N	0.2692

Methyl Ethyl Ether	C_3H_8O	0.2844
Methyl Ethyl Sulfide	C_3H_8S	0.2743
Methyl Fluoride	CH_3F	0.7247
Methyl Formate	$C_2H_4O_2$	0.3975
Methyl Iodide	CH_3I	0.6514
Methyl Mercaptan	CH_4S	0.5409
Methylpentene	C_6H_{12}	0.2037
Methyl Vinyl Ether	C_3H_6O	0.3435
Neon	Ne	1.4043
Nitric Oxide	NO	0.9795
Nitrogen	N_2	1.0000
Nitrogen Dioxide	NO_2	0.7604
Nitrogen Tetroxide	N_2O_4	0.3395
Nitrogen Trifluoride	NF_3	0.5406
Nitromethane	CH_3NO_2	0.4653
Nitrosyl Chloride	NOCl	0.6357
Nitrous Oxide	N_2O	0.7121
n-Pentane	C_5H_{12}	0.2121
Octane	C_8H_{18}	0.1386
Oxygen	O_2	0.9779
Oxygen Difluoride	F_2O	0.6454
Ozone	O_3	0.7022
Pentaborane	B_5H_9	0.1499
Pentane	C_5H_{12}	0.2175
Perchloryl Fluoride	$ClFO_3$	0.4155
Perfluorocyclobutane	C_4F_8	0.1711
Perfluoroethane	C_2F_6	0.2530
Perfluoropropane	C_3F_8	0.1818
Phenol	C_6H_6O	0.2489
Phosgene	$COCl_2$	0.4812
Phosphine	PH_3	0.7859
Phosphorus Trifluoride	PF_3	0.4973
Propane	C_3H_8	0.3499
Propyl Alcohol	C_3H_8O	0.3061
Propyl Amine	C_3H_9N	0.2860
Propylene	C_3H_6	0.4048
Pyradine	C_5H_5N	0.3222
Radon	Rn	1.4043
Sec-butanol	$C_4H_{10}O$	0.2327
Silane	SiH_4	0.6809

Silicone Tetrafluoride	SiF_4	0.3896
Sulfur Dioxide	SO_2	0.6878
Sulfur Hexafluoride	SF_6	0.2701
Sulfur Tetrafluoride	SF_4	0.3752
Sulfur Trifluoride	SF_3	0.4368
Sulfur Trioxide	SO_3	0.5397
Tetrachloroethylene	C_2Cl_4	0.2926
Tetrafluoroethylene	C_2F_4	0.3395
Tetrahydrofuran	C_4H_8O	0.3271
Tert-butanol	$C_4H_{10}O$	0.2298
Thiophene	C_4H_4S	0.3538
Toluene	C_7H_8	0.2448
Transbutene	C_4H_8	0.2053
Trichloroethane	$C_2H_3Cl_3$	0.3133
Trichloroethylene	C_2HCl_4	0.3423
Trichlorotrifluoroethane	$C_2Cl_3F_3$	0.2253
Triethylamine	$C_6H_{15}N$	0.1619
Trimethyl Amine	C_3H_9N	0.2822
Tungsten Hexafluoride	WF_6	0.2453
Uranium Hexafluoride	UF_6	0.1859
Vinyl Bromide	C_2H_3Br	0.4768
Vinyl Chloride	C_2H_3Cl	0.4956
Vinyl Flouride	C_2H_3F	0.5716
Water Vapor	H_2O	0.7992
Xenon	Xe	1.4042
Xylene, m-	C_8H_{10}	0.2036
Xylene, o-	C_8H_{10}	0.1953
Xylene, p-	C_8H_{10}	0.2028

AFC500 Communication Specification (Ver. 1.0)

1. Overview

Support Modbus-RTU

Support MODBUS Application Protocol Specification Ver 1.1b

Support the following Function Code

▷ Read Input Registers (0x04)

▷ Write Single Register (0x06)

▷ Read Device Identification (0x2B)

- Supported MEI Type : 0x0E
- Supported Read Device ID code : 0x01 (Basic Device Identification)
- Supported Conformity Level : Basic Identification (0x01)

2. Packet Structure

Start	Address	Function	Data	CRC	End
over 3.5char	1 Byte	1 Byte	N Bytes	2 Bytes	over 3.5char

CRC : Address ~ Data

3. Register Map

Area	Register Address	Registor Name	Unit	Data Type	R/W	Description
User	0x0000	Flowrate	0.1%	-32,768 ~ 32,767	R	255 -> 25.5%
	0x0001	Max Flowrate	1SCCM	0 ~ 65,535	R	10000 -> 10000SCCM
	0x0002	GCF	0.01	0 ~ 65,535	R	103 -> 1.03
	0x0003	Reserved		0 ~ 65,535	R	
	0x0004	Reserved		0 ~ 65,535	R	
	0x0005	Operation Mode	1	0 ~ 65,535	R	0 : Initial 1 : Control 2 : Calibration 3 : Warning
	0x0006	Error Code	1	0 ~ 65,535	R	0 : Ok the other : Error Code
	0x0007	Set Point	0.1%	0 ~ 65,535	W	100 -> 10.0%
	0x0008	Reset	1	0 ~ 65,535	W	0 : No Reset, 1 : Reset

4. Examples

Read Input Registers (0x04), ID : 1

Request

ID	0x01
Function	0x04
Starting Address Hi	0x00
Starting Address Lo	0x00
Quantity of Input Reg. Hi	0x00
Quantity of Input Reg. Low	0x02
CRC Lo	0xXX
CRC Hi	0xXX

Response

ID	0x01
Function	0x04
Byte Count	0x04
Input Reg. 0 Hi	0x01
Input Reg. 0 Lo	0xF4
Input Reg. 0 Hi	0x27
Input Reg. 0 Lo	0x10
CRC Lo	0xXX
CRC Hi	0xXX

Request : Reading 2 Registers From Reg. 0

Response :

Reg. 0 -> 0x01F4 -> 500 -> 50.0% Flowrate

Reg. 1 -> 0x2710 -> 10000 -> 10000 SCCM

Write Single Register (0x06), ID : 1

Request

ID	0x01
Function	0x06
Register Address Hi	0x00
Register Address Lo	0x07
Register Value Hi	0x01
Register Value Lo	0xF4
CRC Lo	0xXX
CRC Hi	0xXX

Response

ID	0x01
Function	0x06
Register Address Hi	0x00
Register Address Lo	0x07
Register Value Hi	0x01
Register Value Lo	0xF4
CRC Lo	0xXX
CRC Hi	0xXX

Writing 50.0% to Reg. 7 , Reg. 7 -> 0x01F4 -> 500 -> 50.0% Set-Point

Read Device Identification (0x2B), ID : 1

Request

ID	0x01
Function	0x2B
MEI Type	0x0E
Read Device ID Code	0x01
Object Id	0x00
CRC Lo	0xXX
CRC Hi	0xXX

Response

ID	0x01
Function	0x2B
MEI Type	0x0E
Read Device ID Code	0x01
Conformity Level	0x01
More Follows	0x00
Next Object Id	0x00
Number of Objects	0x03
Object ID	0x00
Object Length	0x06
Object Value 1	0x41
Object Value 2	0x54
Object Value 3	0x4F
Object Value 4	0x56
Object Value 5	0x41
Object Value 6	0x43
Object ID	0x01
Object Length	0x06
Object Value 1	0x41
Object Value 2	0x46
Object Value 3	0x43
Object Value 4	0x35
Object Value 5	0x30
Object Value 6	0x30
Object ID	0x02
Object Length	0x04
Object Value 1	0x56
Object Value 2	0x30
Object Value 3	0x2E
Object Value 4	0x31
CRC Lo	0xXX
CRC Hi	0xXX

Object ID 0 : Vendor Name -> 'ATOVAC'

Object ID 1 : Product Code -> 'AFC500'

Object ID 2 : Revision -> 'V0.1'

4. CRC Calculation

```
static uint16_t MODBUS_CRC16_v3( const unsigned char *buf, unsigned int len )
{
        static const uint16_t table[256] = {
        0x0000, 0xC0C1, 0xC181, 0x0140, 0xC301, 0x03C0, 0x0280, 0xC241,
        0xC601, 0x06C0, 0x0780, 0xC741, 0x0500, 0xC5C1, 0xC481, 0x0440,
        0xCC01, 0x0CC0, 0x0D80, 0xCD41, 0x0F00, 0xCFC1, 0xCE81, 0x0E40,
        0x0A00, 0xCAC1, 0xCB81, 0x0B40, 0xC901, 0x09C0, 0x0880, 0xC841,
        0xD801, 0x18C0, 0x1980, 0xD941, 0x1B00, 0xDBC1, 0xDA81, 0x1A40,
        0x1E00, 0xDEC1, 0xDF81, 0x1F40, 0xDD01, 0x1DC0, 0x1C80, 0xDC41,
        0x1400, 0xD4C1, 0xD581, 0x1540, 0xD701, 0x17C0, 0x1680, 0xD641,
        0xD201, 0x12C0, 0x1380, 0xD341, 0x1100, 0xD1C1, 0xD081, 0x1040,
        0xF001, 0x30C0, 0x3180, 0xF141, 0x3300, 0xF3C1, 0xF281, 0x3240,
        0x3600, 0xF6C1, 0xF781, 0x3740, 0xF501, 0x35C0, 0x3480, 0xF441,
        0x3C00, 0xFCC1, 0xFD81, 0x3D40, 0xFF01, 0x3FC0, 0x3E80, 0xFE41,
        0xFA01, 0x3AC0, 0x3B80, 0xFB41, 0x3900, 0xF9C1, 0xF881, 0x3840,
        0x2800, 0xE8C1, 0xE981, 0x2940, 0xEB01, 0x2BC0, 0x2A80, 0xEA41,
        0xEE01, 0x2EC0, 0x2F80, 0xEF41, 0x2D00, 0xEDC1, 0xEC81, 0x2C40,
        0xE401, 0x24C0, 0x2580, 0xE541, 0x2700, 0xE7C1, 0xE681, 0x2640,
        0x2200, 0xE2C1, 0xE381, 0x2340, 0xE101, 0x21C0, 0x2080, 0xE041,
        0xA001, 0x60C0, 0x6180, 0xA141, 0x6300, 0xA3C1, 0xA281, 0x6240,
        0x6600, 0xA6C1, 0xA781, 0x6740, 0xA501, 0x65C0, 0x6480, 0xA441,
        0x6C00, 0xACC1, 0xAD81, 0x6D40, 0xAF01, 0x6FC0, 0x6E80, 0xAE41,
        0xAA01, 0x6AC0, 0x6B80, 0xAB41, 0x6900, 0xA9C1, 0xA881, 0x6840,
        0x7800, 0xB8C1, 0xB981, 0x7940, 0xBB01, 0x7BC0, 0x7A80, 0xBA41,
        0xBE01, 0x7EC0, 0x7F80, 0xBF41, 0x7D00, 0xBDC1, 0xBC81, 0x7C40,
        0xB401, 0x74C0, 0x7580, 0xB541, 0x7700, 0xB7C1, 0xB681, 0x7640,
        0x7200, 0xB2C1, 0xB381, 0x7340, 0xB101, 0x71C0, 0x7080, 0xB041,
        0x5000, 0x90C1, 0x9181, 0x5140, 0x9301, 0x53C0, 0x5280, 0x9241,
        0x9601, 0x56C0, 0x5780, 0x9741, 0x5500, 0x95C1, 0x9481, 0x5440,
        0x9C01, 0x5CC0, 0x5D80, 0x9D41, 0x5F00, 0x9FC1, 0x9E81, 0x5E40,
        0x5A00, 0x9AC1, 0x9B81, 0x5B40, 0x9901, 0x59C0, 0x5880, 0x9841,
        0x8801, 0x48C0, 0x4980, 0x8941, 0x4B00, 0x8BC1, 0x8A81, 0x4A40,
        0x4E00, 0x8EC1, 0x8F81, 0x4F40, 0x8D01, 0x4DC0, 0x4C80, 0x8C41,
        0x4400, 0x84C1, 0x8581, 0x4540, 0x8701, 0x47C0, 0x4680, 0x8641,
        0x8201, 0x42C0, 0x4380, 0x8341, 0x4100, 0x81C1, 0x8081, 0x4040 };

        uint8_t xor = 0;
        uint16_t crc = 0xFFFF;

        while( len-- )
        {
                xor = (*buf++) ^ crc;
                crc >>= 8;
                crc ^= table[xor];
        }

        return crc;
}
```

5.