



## 3<sup>rd</sup> ILSF Advanced School on Synchrotron Radiation and Its Applications

*September 14-16, 2013*



# Power Supply in Synchrotron

Ehsan Yousefi

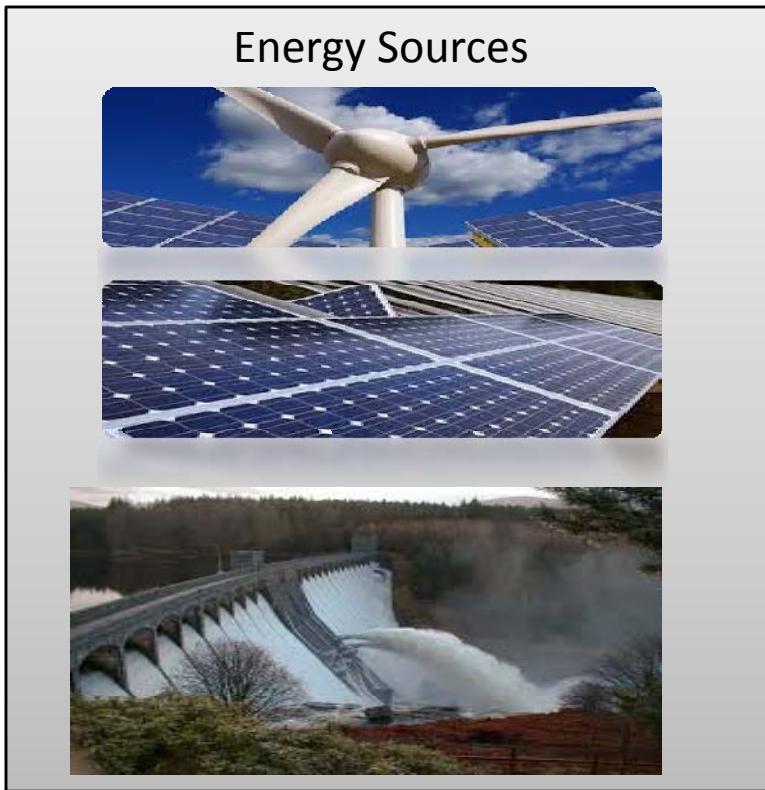
2013-09-15

## مطالب مورد بررسی :

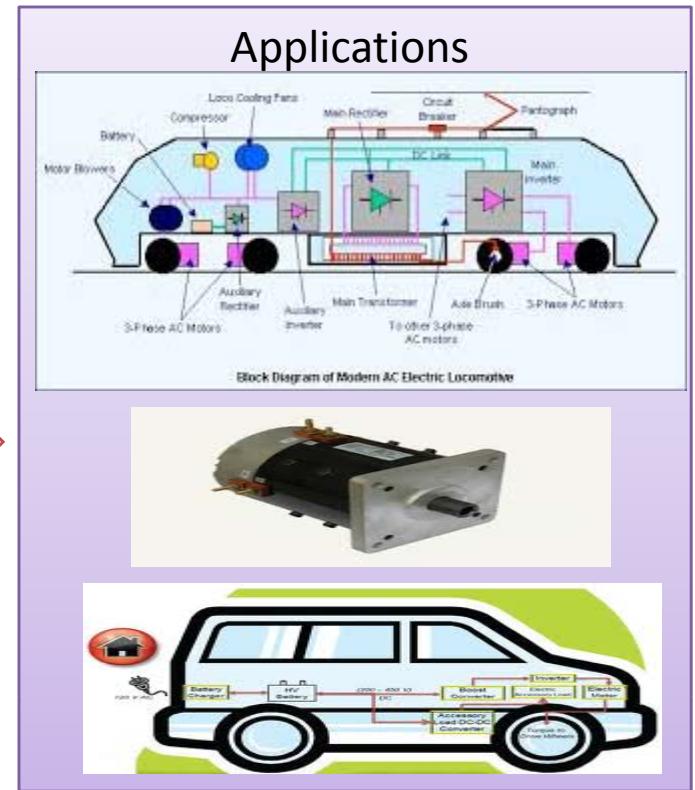
- ۱- مفهوم منابع تغذیه الکترونیکی
- ۲- دانش های مورد استفاده در منابع تغذیه
- ۳- ادوات مورد استفاده در منابع تغذیه
- ۴- انواع مبدل های مورد استفاده در منابع تغذیه
- ۵- منابع تغذیه مورد استفاده در سنکروtronون
  - ۱-۵ تفنگ الکترونی
  - ۲-۵ شتابدهنده خطی
  - ۳-۵ خط انتقال
- ۴-۵ حلقه افزاینده ای انرژی (booster)
- ۵-۵ حلقه انبارش (Storage Ring)
- ۶- برخی فعالیت های انجام شده گروه منابع تغذیه در طرح چشمی نور ایران

# منابع تغذیه الکتریکی

- وظیفه اصلی یک منبع تغذیه الکتریکی اینست که بتواند با پردازش و کنترل صحیح گردش انرژی الکتریکی، ولتاژ و جریان مناسب بار (صرف کننده) را تامین نماید.



Power Supply

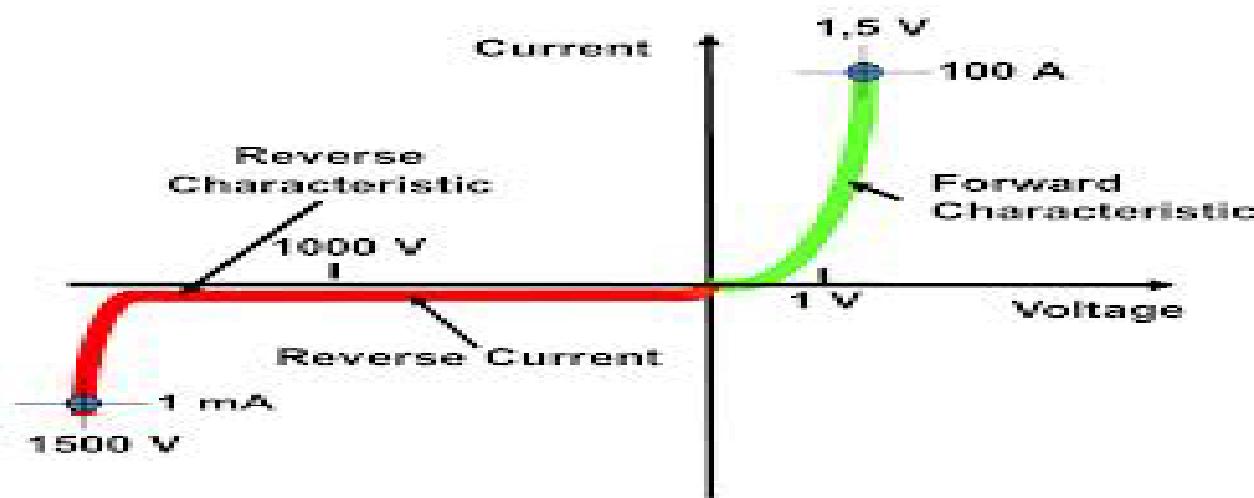
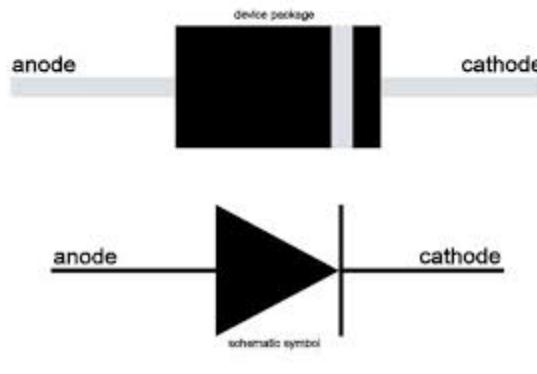


## دانش های مورد استفاده در طراحی و ساخت منابع تغذیه :

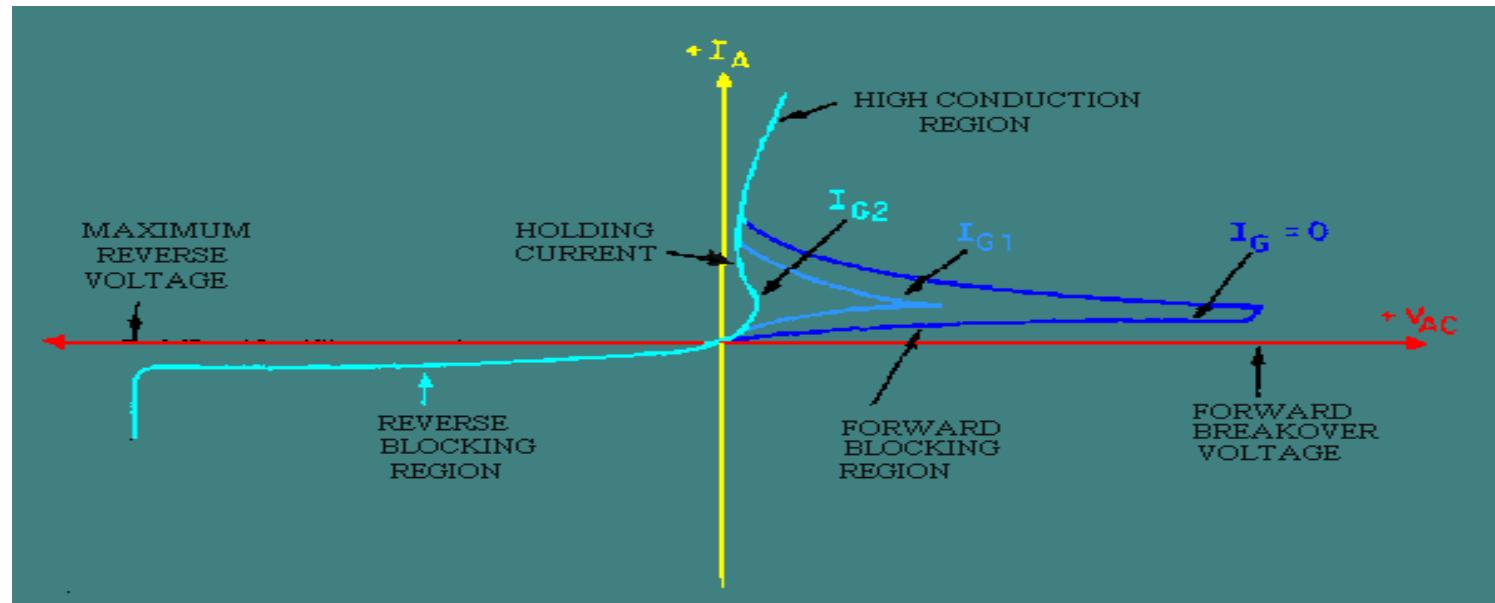
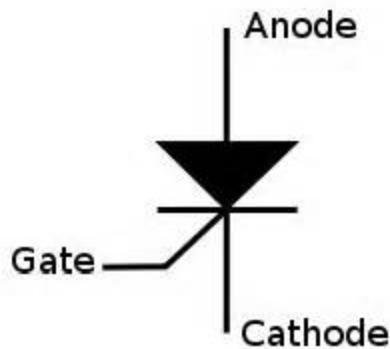
- استفاده از فناوری مدارهای دیجیتال
- استفاده از فناوری مدارهای آنالوگ
- قطعات و المانهای الکترونیک صنعتی
- اندازه گیری صحیح و دقیق مقادیر ولتاژ و جریان
- استفاده از فناوری خنک سازی
- استفاده از فناوری کنترل سیستم
- برنامه نویسی و توپولوژی کار با قطعات برنامه پذیر مانند : .... , DSPs , FPGAs
- استفاده از برنامه های کامپیوتری مانند انواع شبیه سازها و محاسبه گرها

## ادوات مورد استفاده در منابع تغذیه :

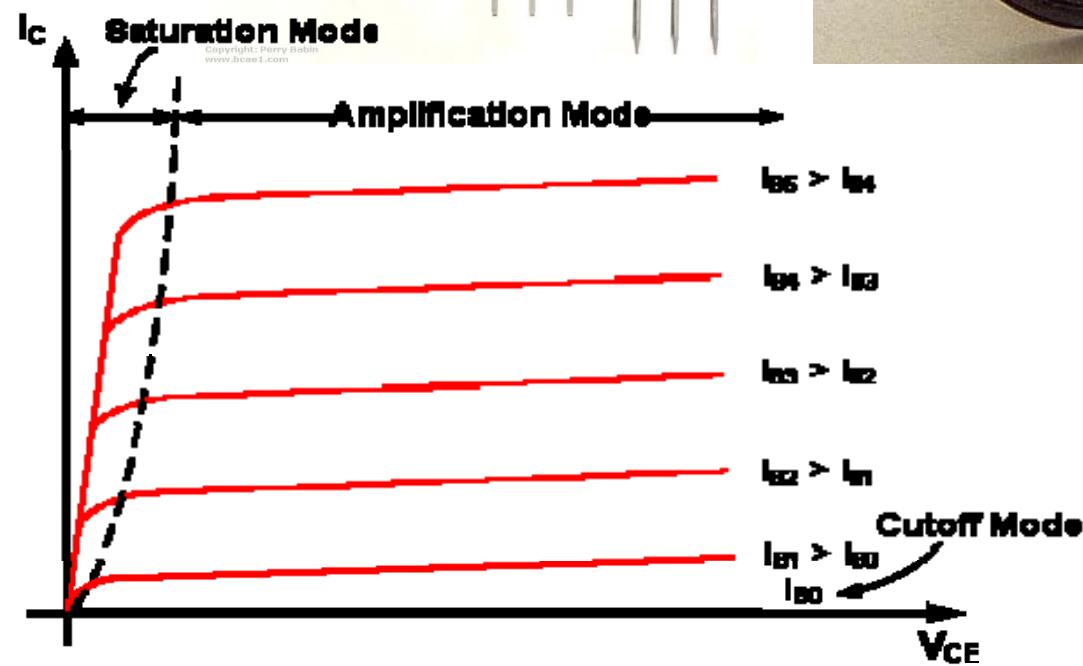
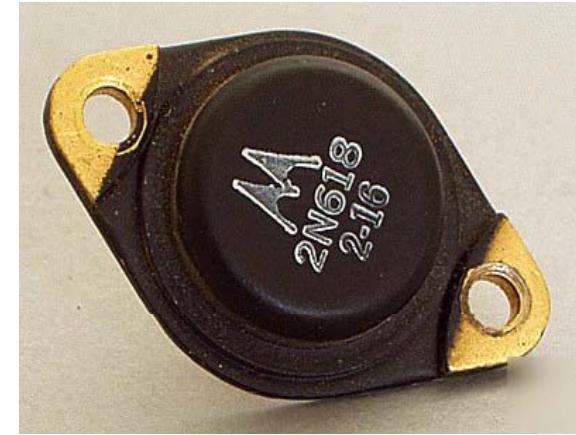
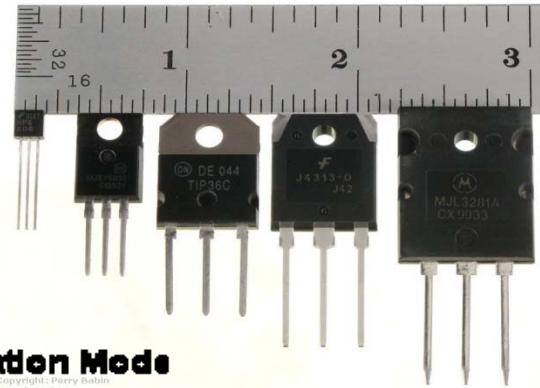
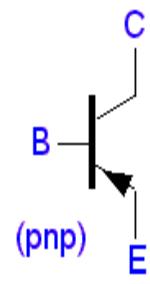
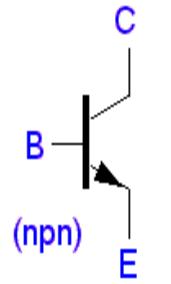
### POWER DIODE :



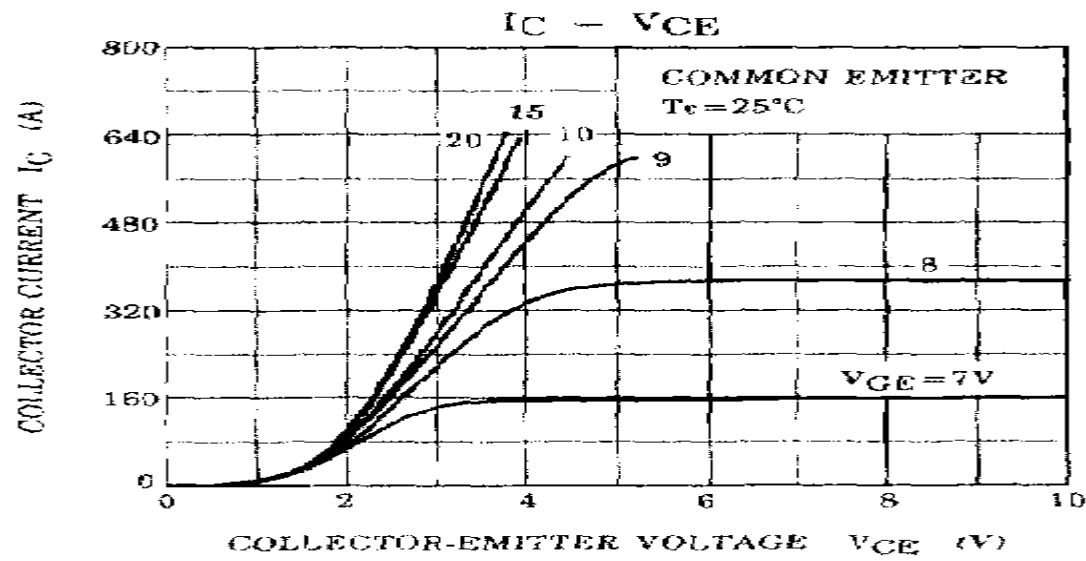
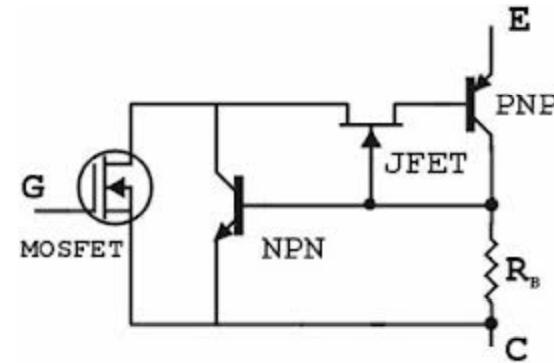
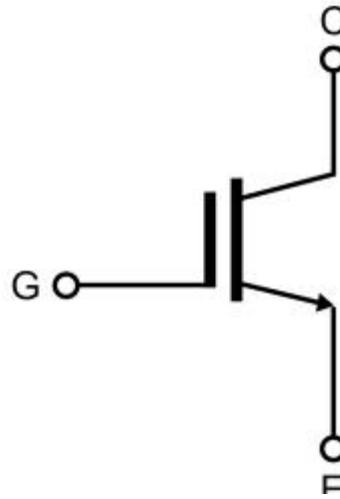
## Thyristor :



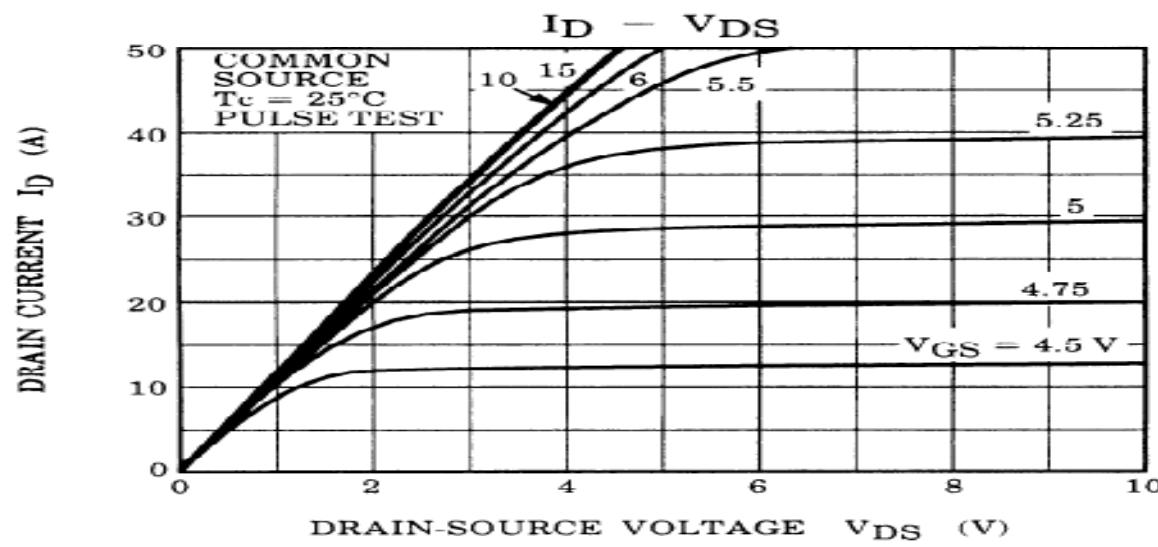
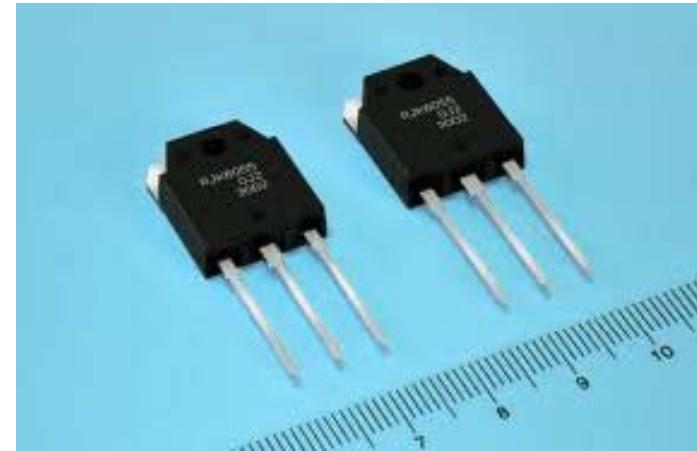
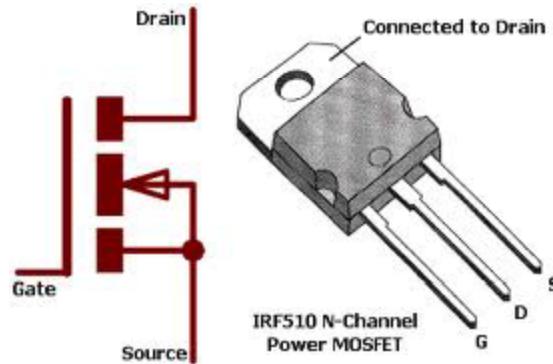
## Power Bipolar Junction Transistor : (BJT)



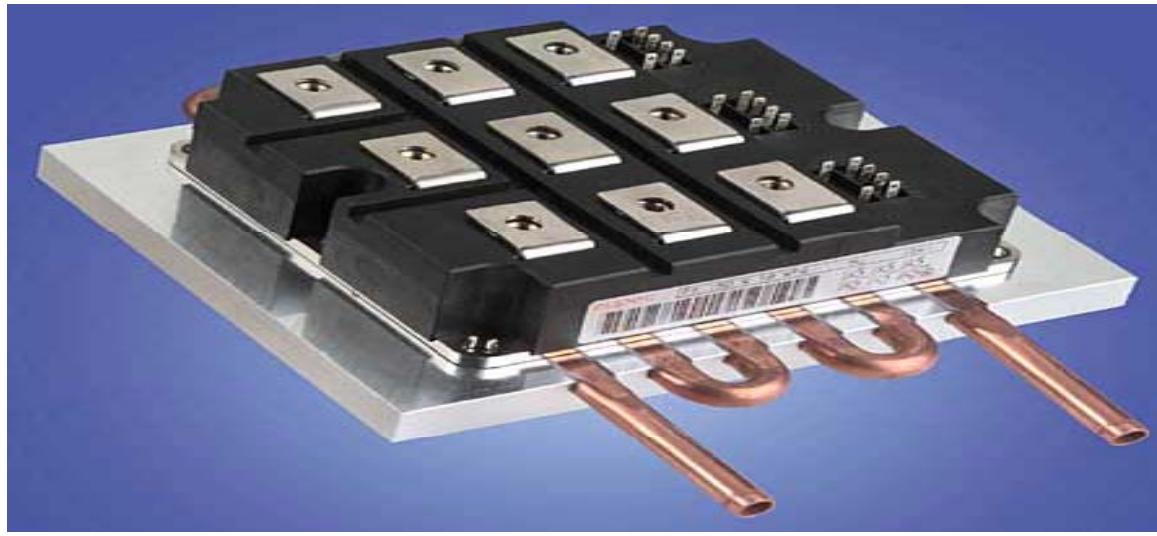
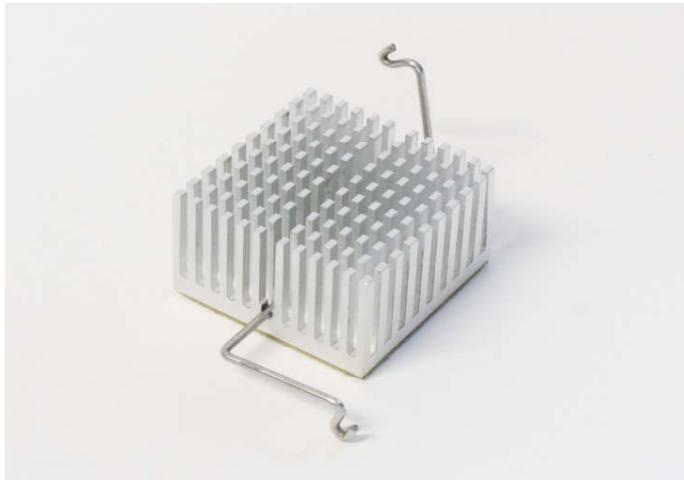
## IGBT : (Insulated-gate bipolar transistor)



# Mosfet : (Metal Oxide FET)

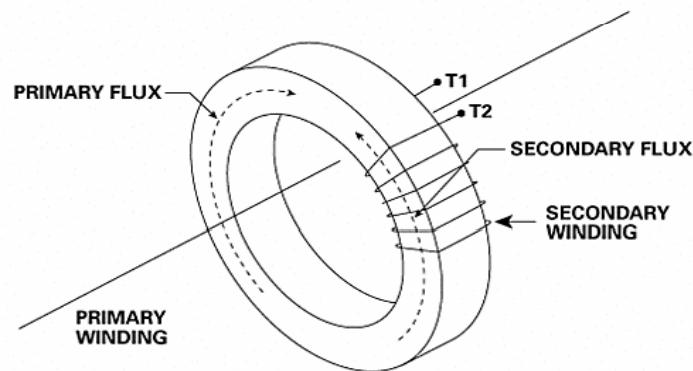


## Heat Sink :



## Current Measurement Devices:

مقاومت شنت



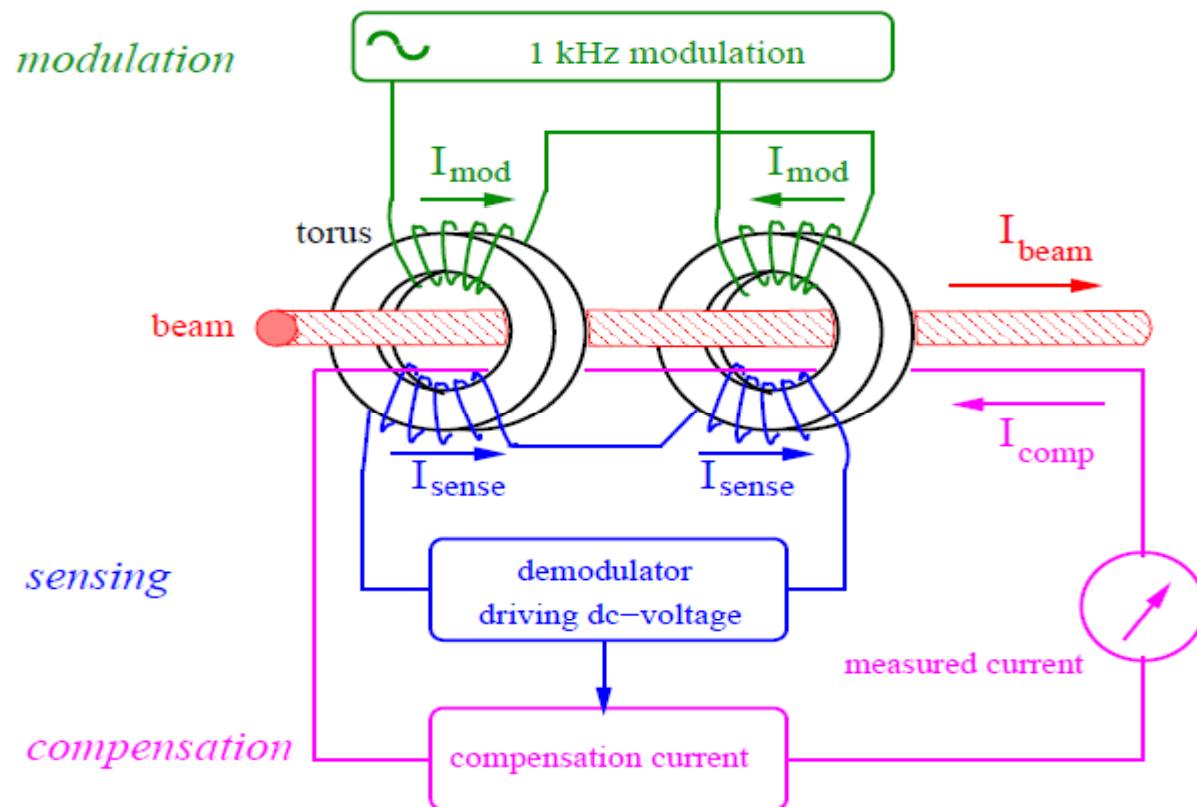
ترانسفورماتور های جریان (C.T.)



سنسور های اثر هال

ترانسفورماتور جریان دی سی :

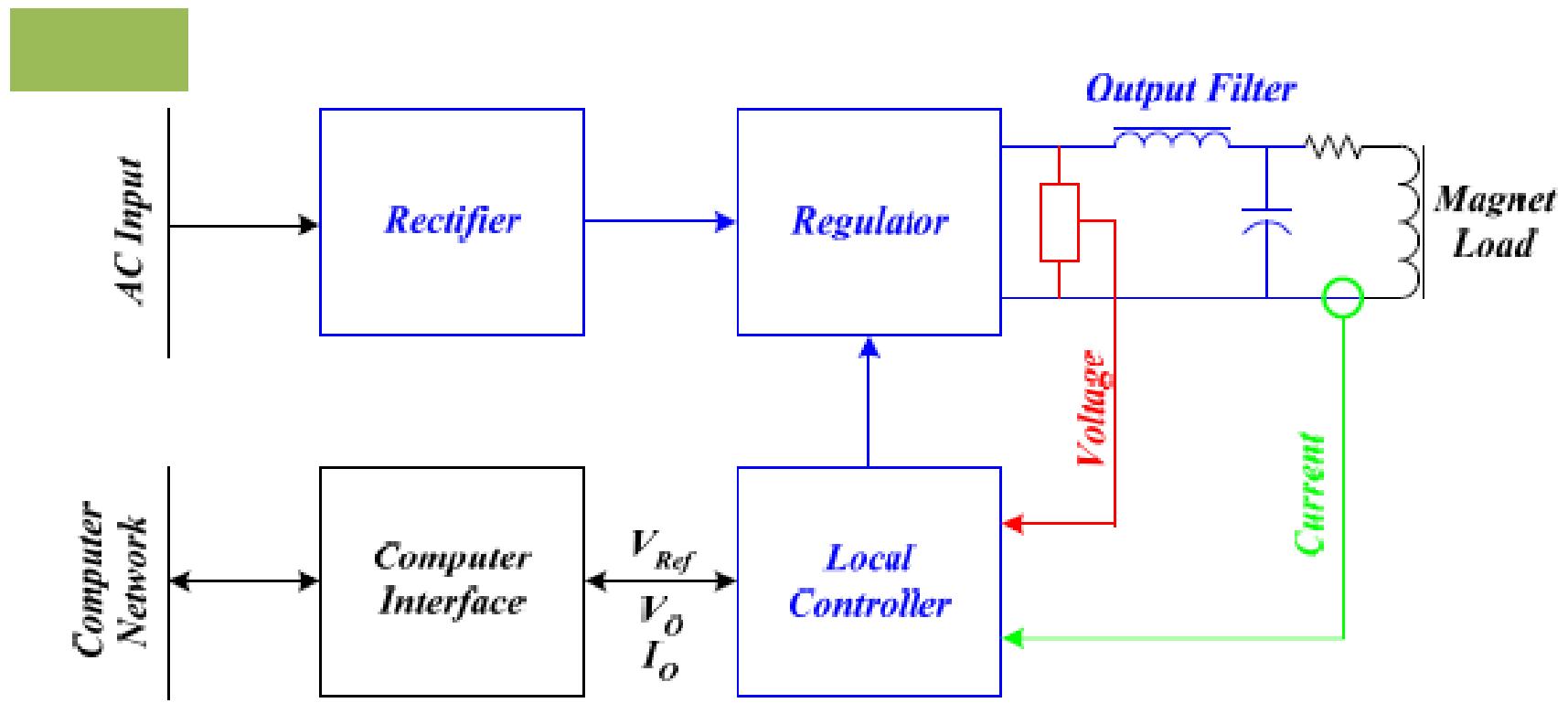
## DC Current transformer (DCCT)



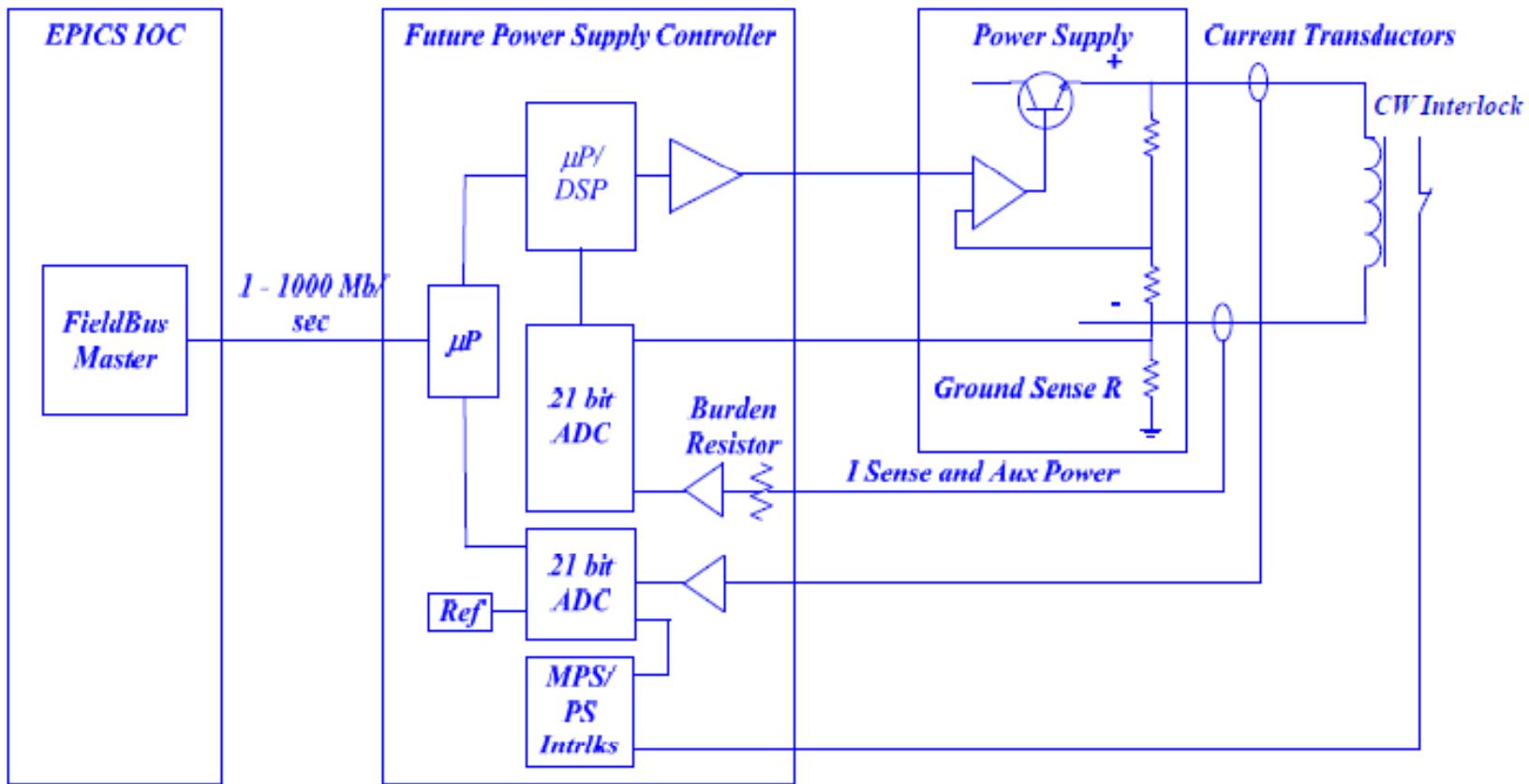


Product	Current Range	Analogue Output	Temp. Drift	Bandwidth	Topography	Current Transfer Ratio	Product Image
<b>ULTRASTAB 868-20I</b>	0 to 12.5A	+/- 50mA	<2 ppm/K	DC to 100kHz	Transducer with onboard electronics for PCB mounting	250:1	
<b>ULTRASTAB 867-60I</b>	0 to 60A	+/- 100mA	<2.5ppm/K	DC to 100kHz	Transducer head with onboard electronics	600:1	
<b>ULTRASTAB 867-200I</b>	0 to 200A	+/- 200mA	<2ppm/K	DC to 100kHz	Transducer head with onboard electronics	1000:1	

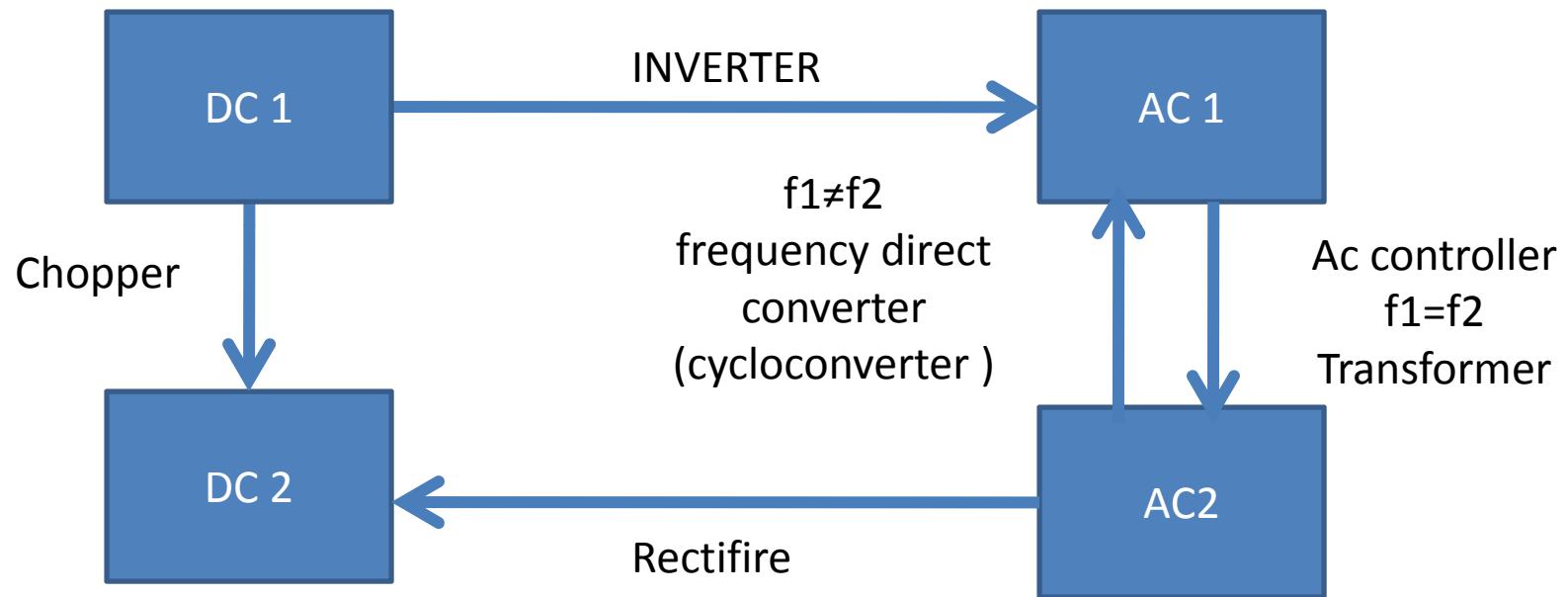
## نمونه گیری و کنترل :



# All Digital Power Supply Controllers



## انواع مبدل های مورد استفاده در منابع تغذیه :

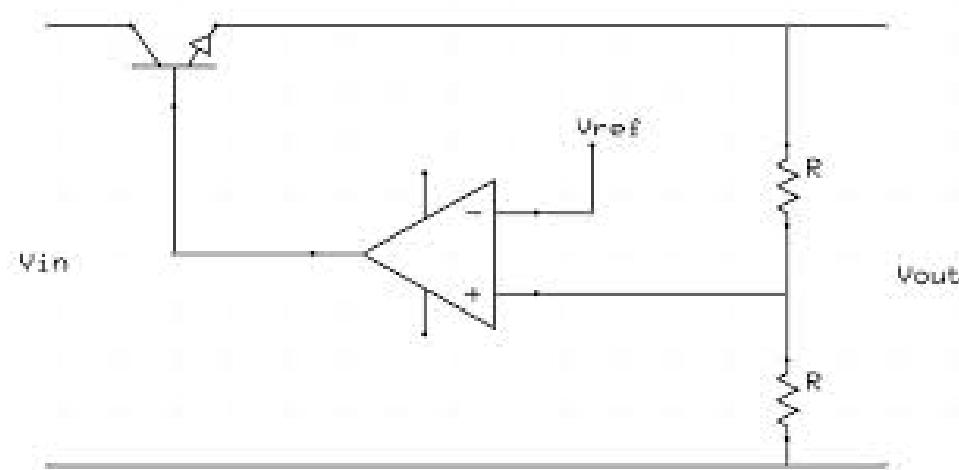


## مبدل DC-To-DC

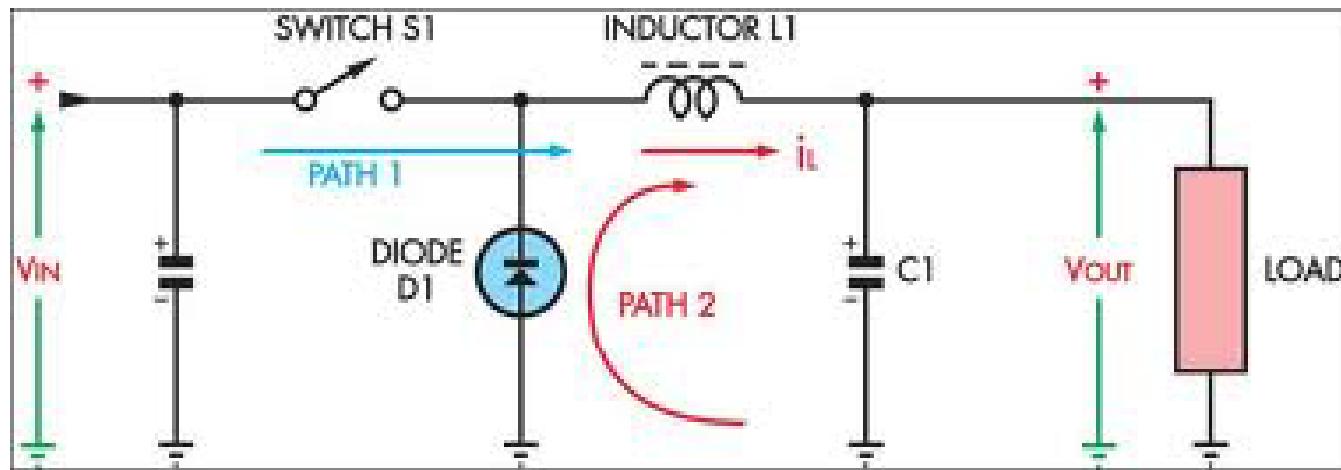
تبديل جريان يکسويه رگوله نشه در ورودي به يك ولتاژ کنترل شده با سطح ولتاژ مناسب دلخواه.

مبدل های دی سی به دی سی به دو نوع مختلف تقسیم بندی می شوند :

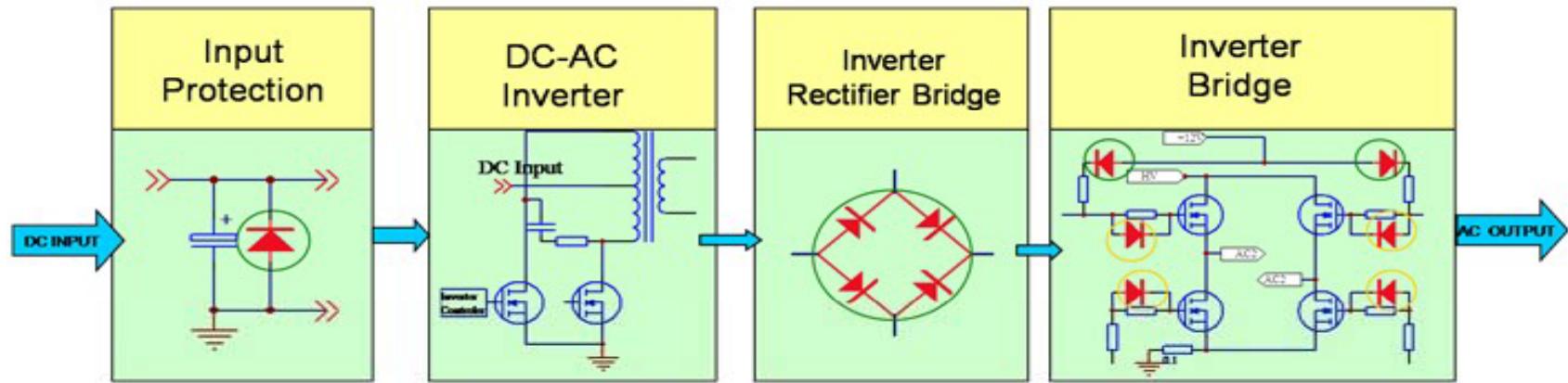
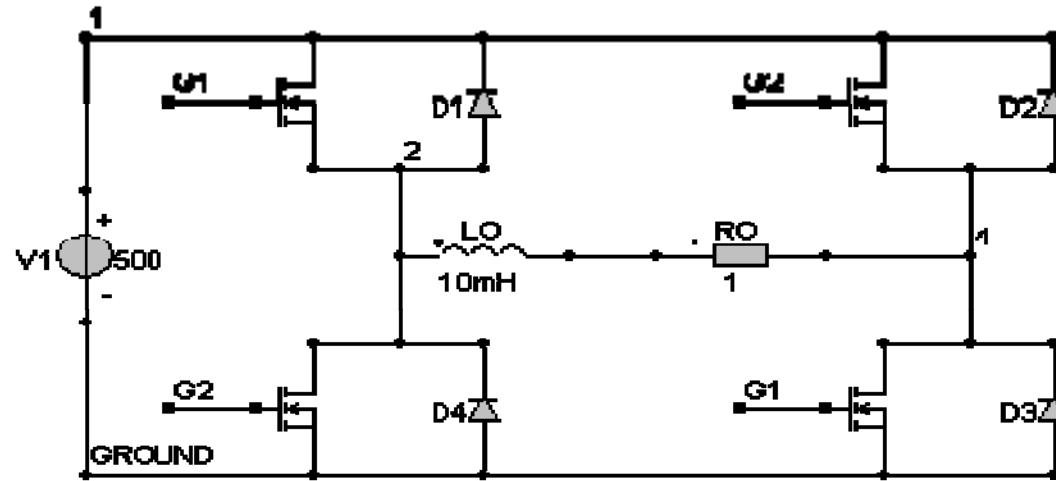
۱- مبدل های خطی



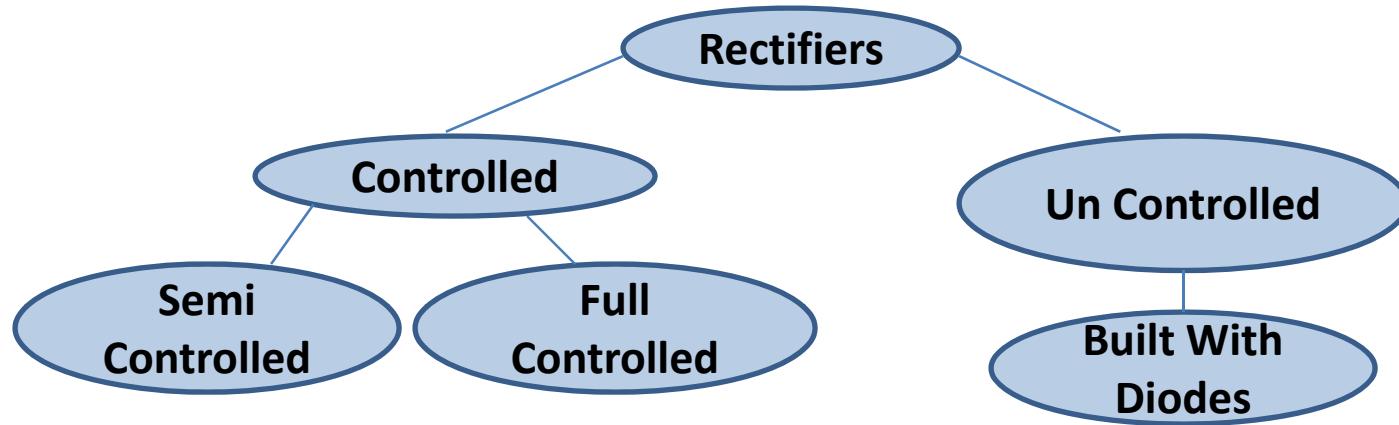
## ۲- مبدل های غیر خطی



## (Inverter) : DC-To-AC مبدل نوران

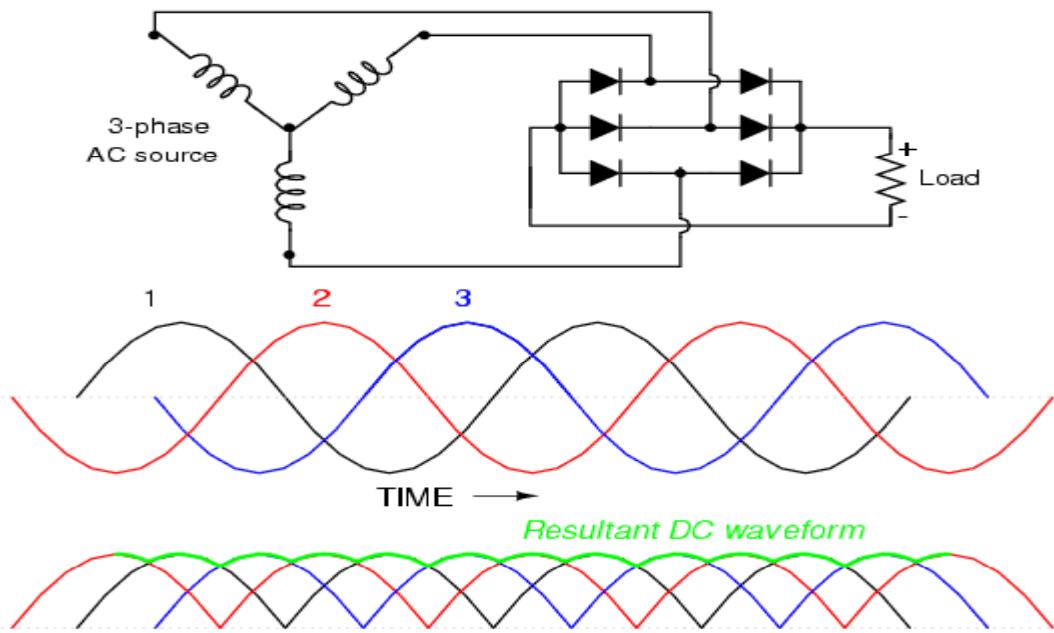
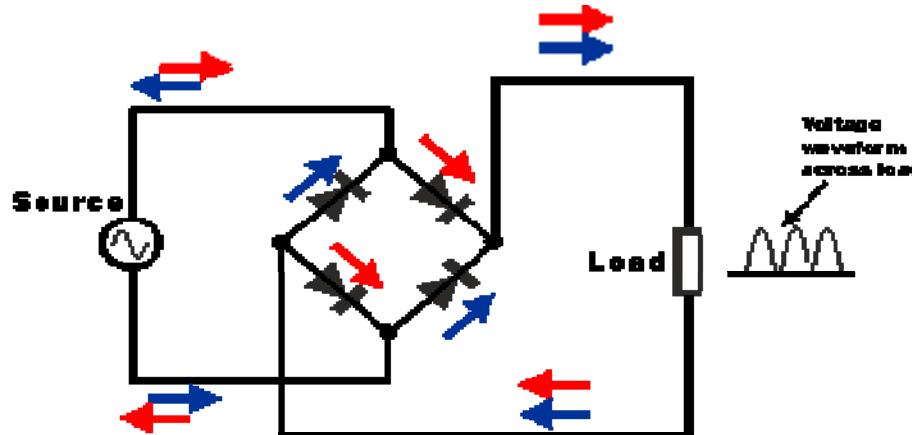


## (Rectifier) : AC-To-DC مبدل



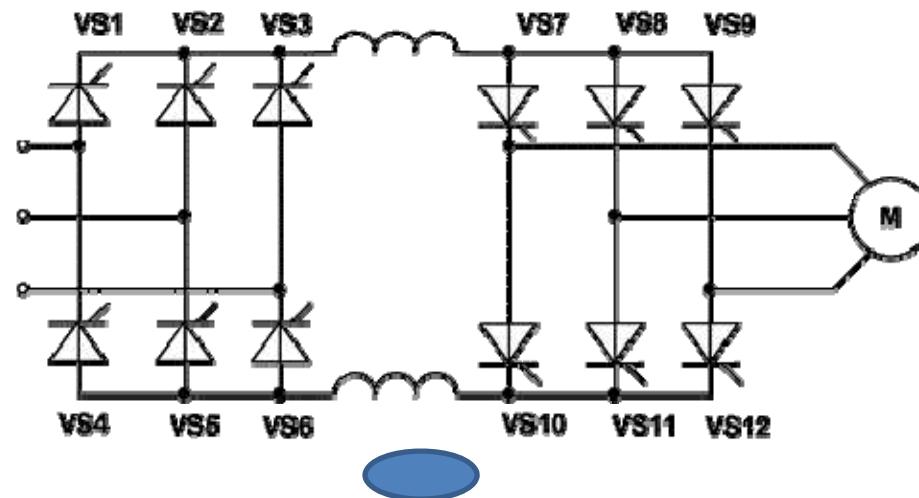
The popular rectifier configurations are listed below

- Single-phase semi-controlled bridge rectifier,
- Single-phase fully-controlled bridge rectifier,
- Three-phase three-pulse, star-connected rectifier,
- Double three-phase, three-pulse star-connected rectifiers with inter-phase transformer (IPT),
- Three-phase semi-controlled bridge rectifier,
- Three-phase fully-controlled bridge rectifier and
- Double three-phase fully-controlled bridge rectifiers with IPT.



## (Cycloconverter) : AC-To-AC مبدل

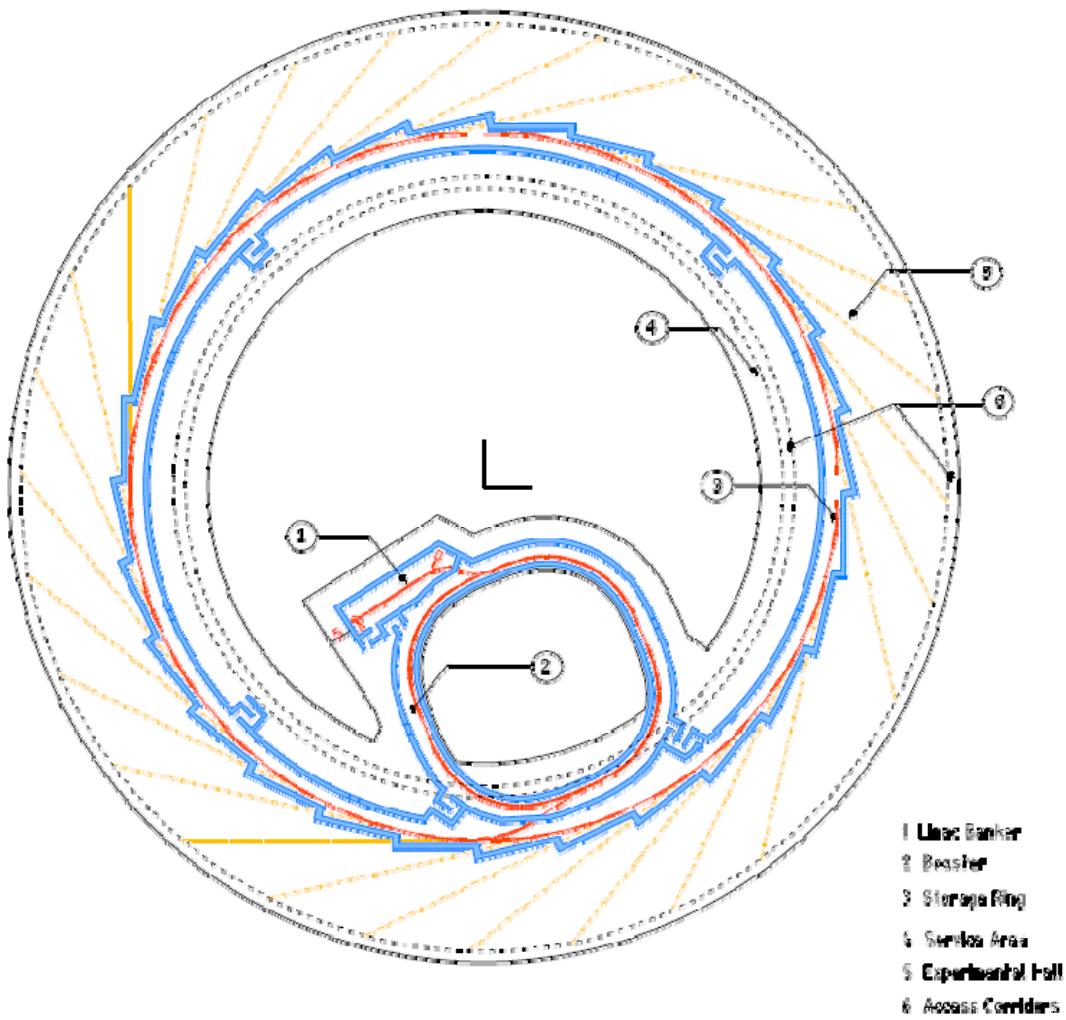
- A cycloconverter or a cycloinverter converts an ac voltage, such as the mains supply, to another ac voltage. The amplitude and the frequency of input voltage to a cycloconverter tend to be fixed values, whereas both the amplitude and the frequency of output voltage of a cycloconverter tend to be variable.



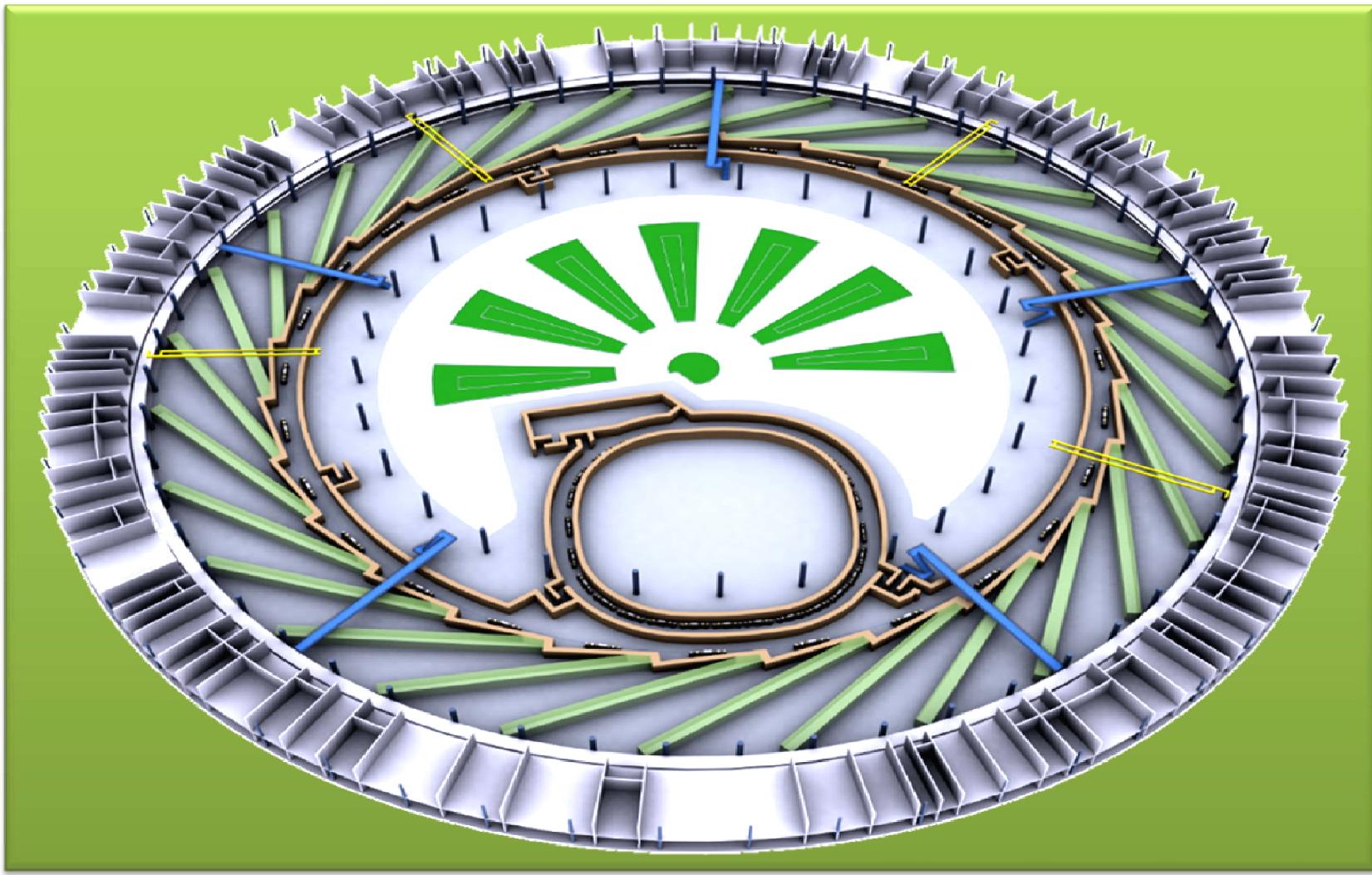
منابع تغذیه مورد استفاده در سنکروترون:

- a. Electron gun
- b. Linac
- c. Transfer Line
- d. Booster
- e. Storage Ring

## پلان ساختمان اصلی

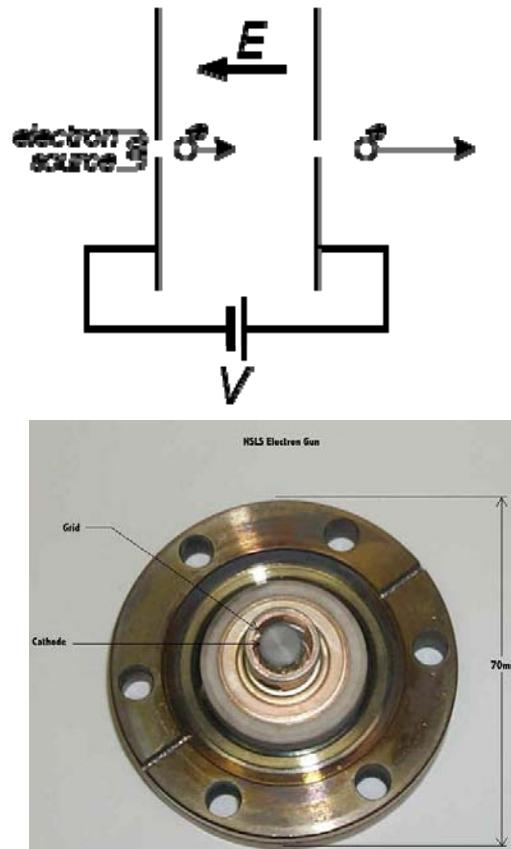
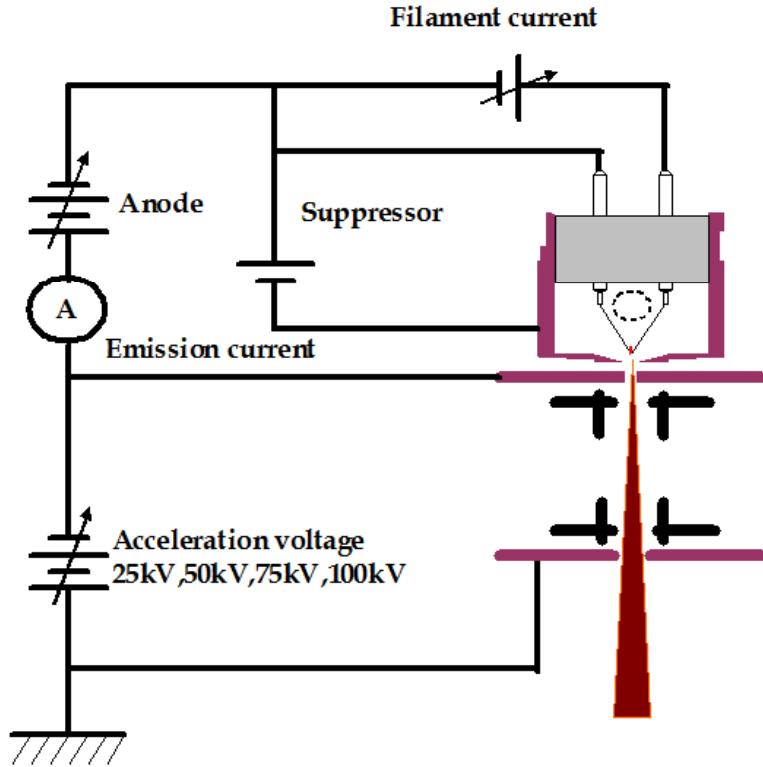


## تصویر سه بعدی به فضای داخلی ساختمان اصلی

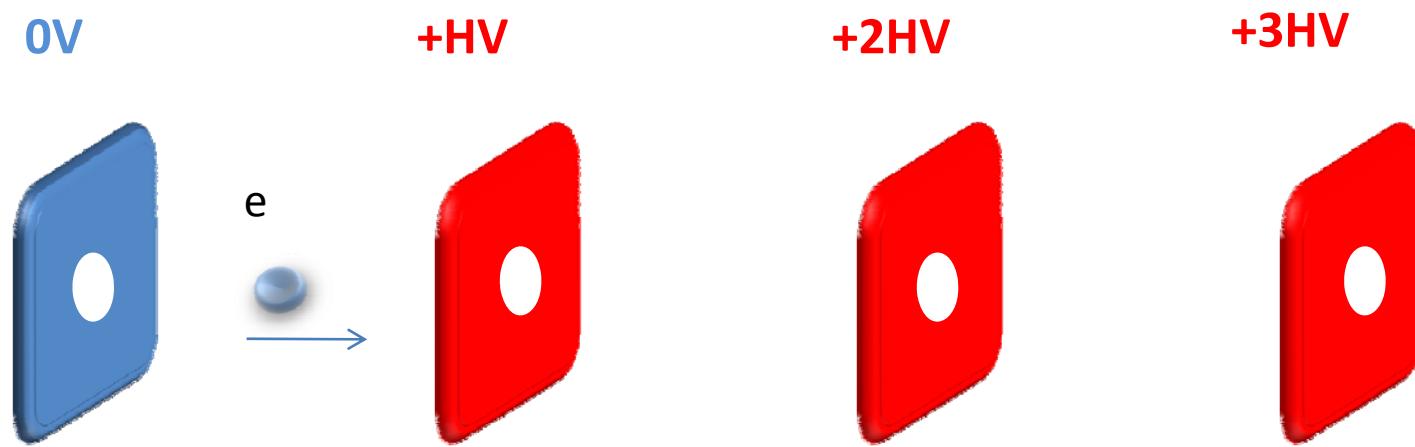


## Power supplies in electron gun

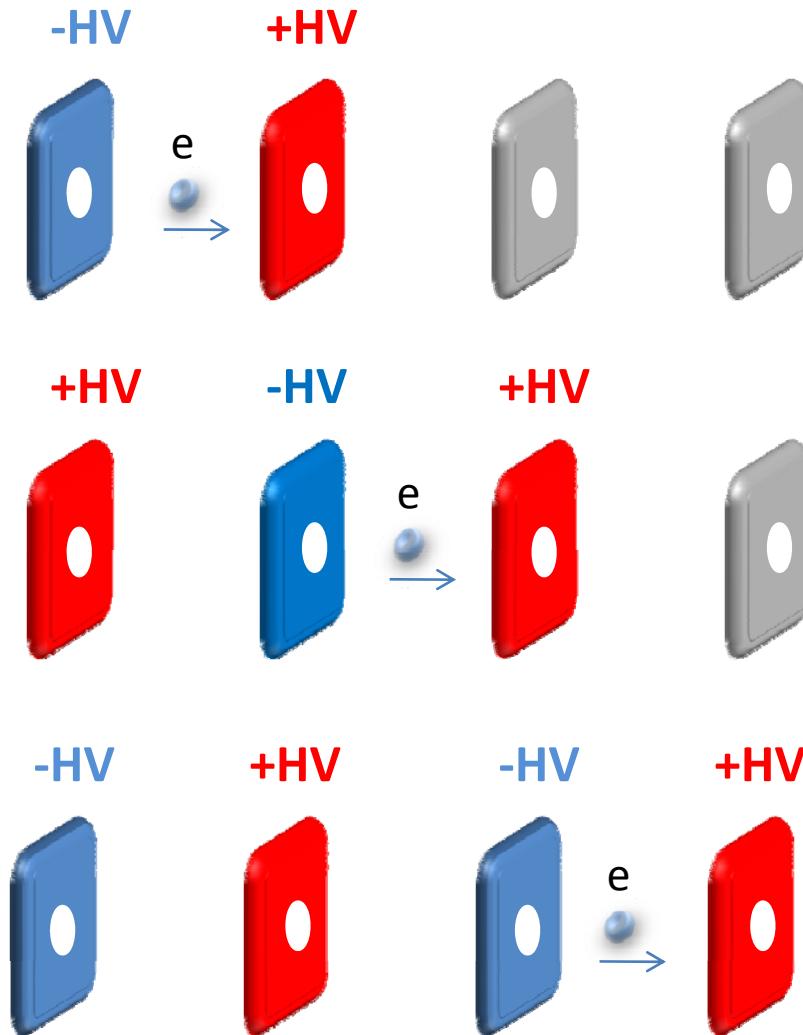
- Filament current source (**10 to 100s of amperes, Low voltage <50V**)
- Acceleration voltage (**high voltage 25-100kV, Low current<20mA**)



## 1<sup>st</sup> possible solution for acceleration: DC Accelerator

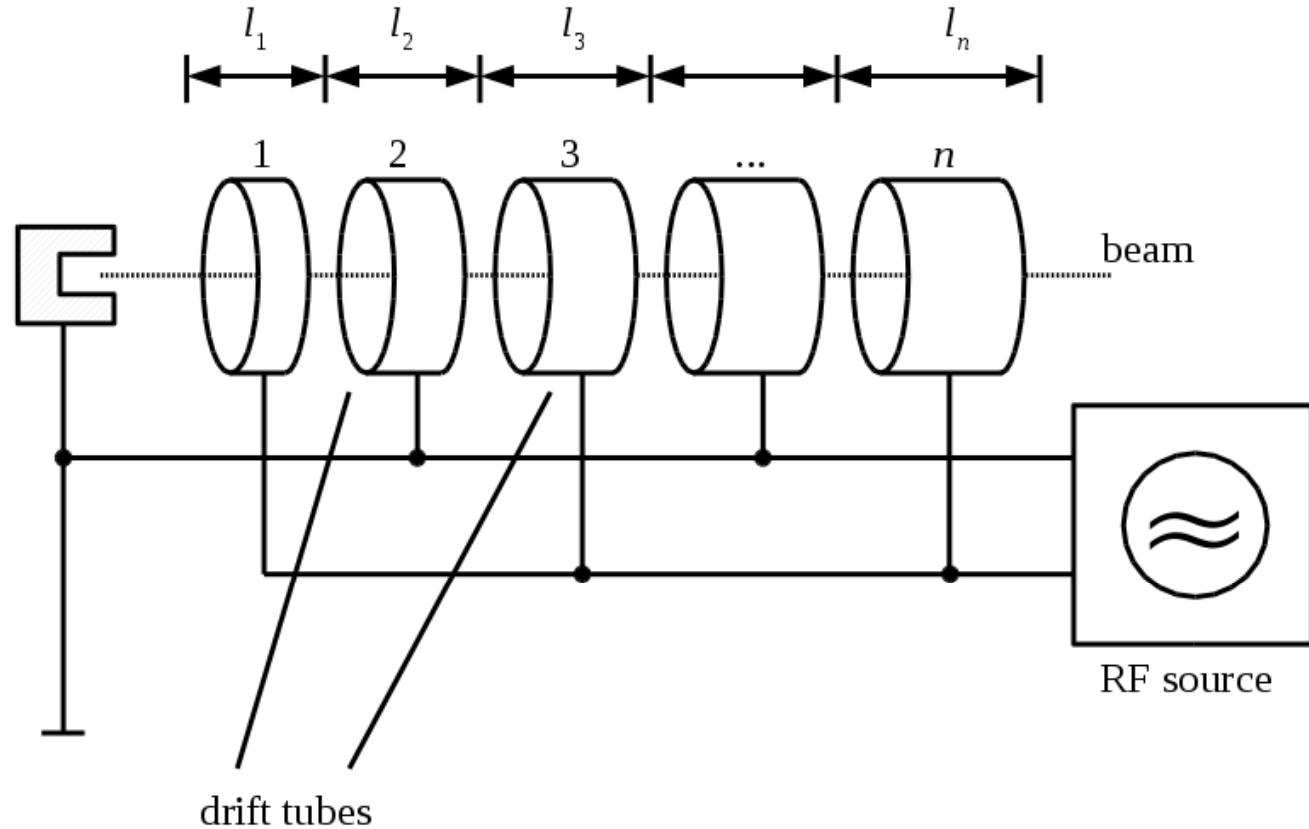


## Linac: Boost the beam energy up to 150MeV

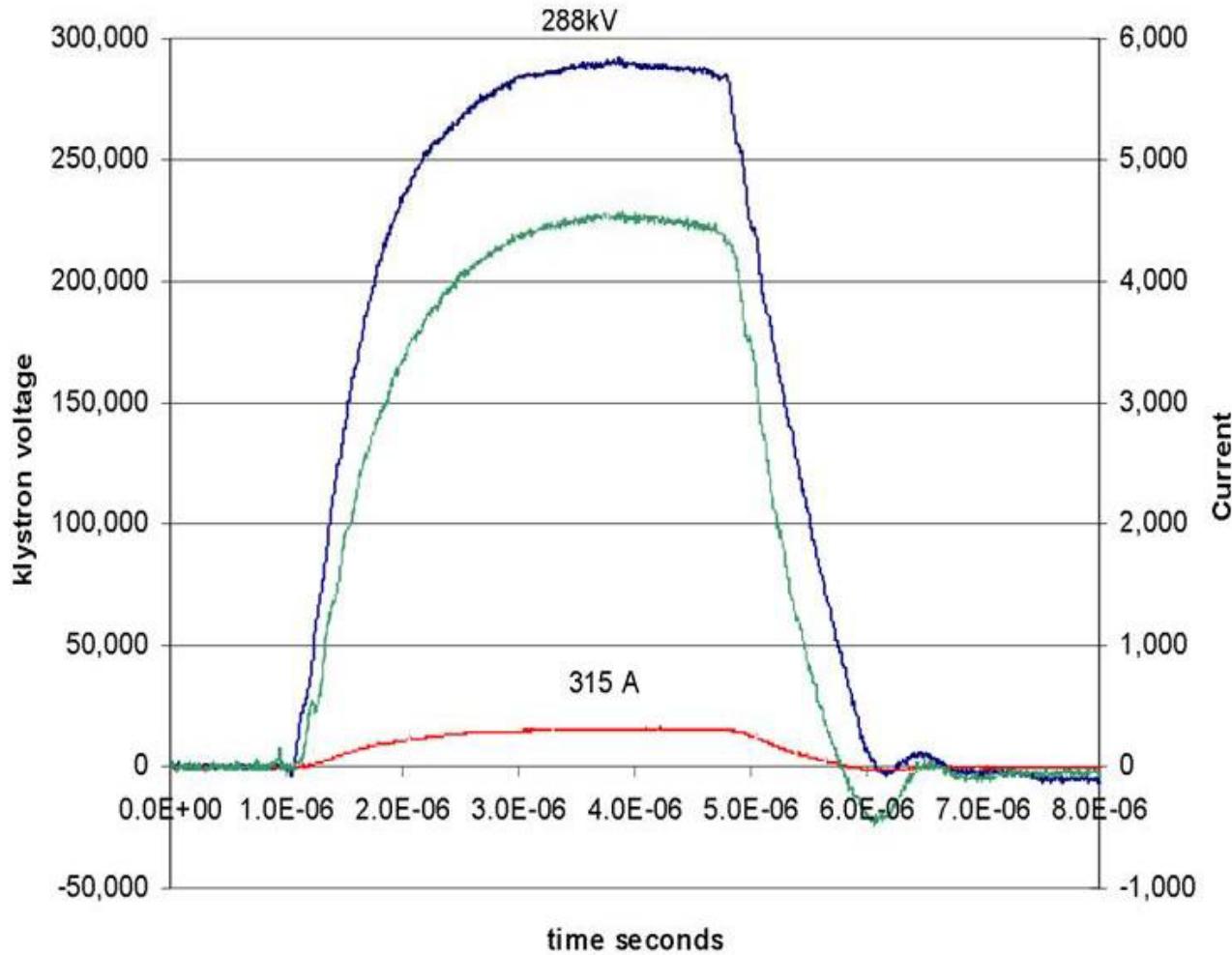


## Power supply in Linac

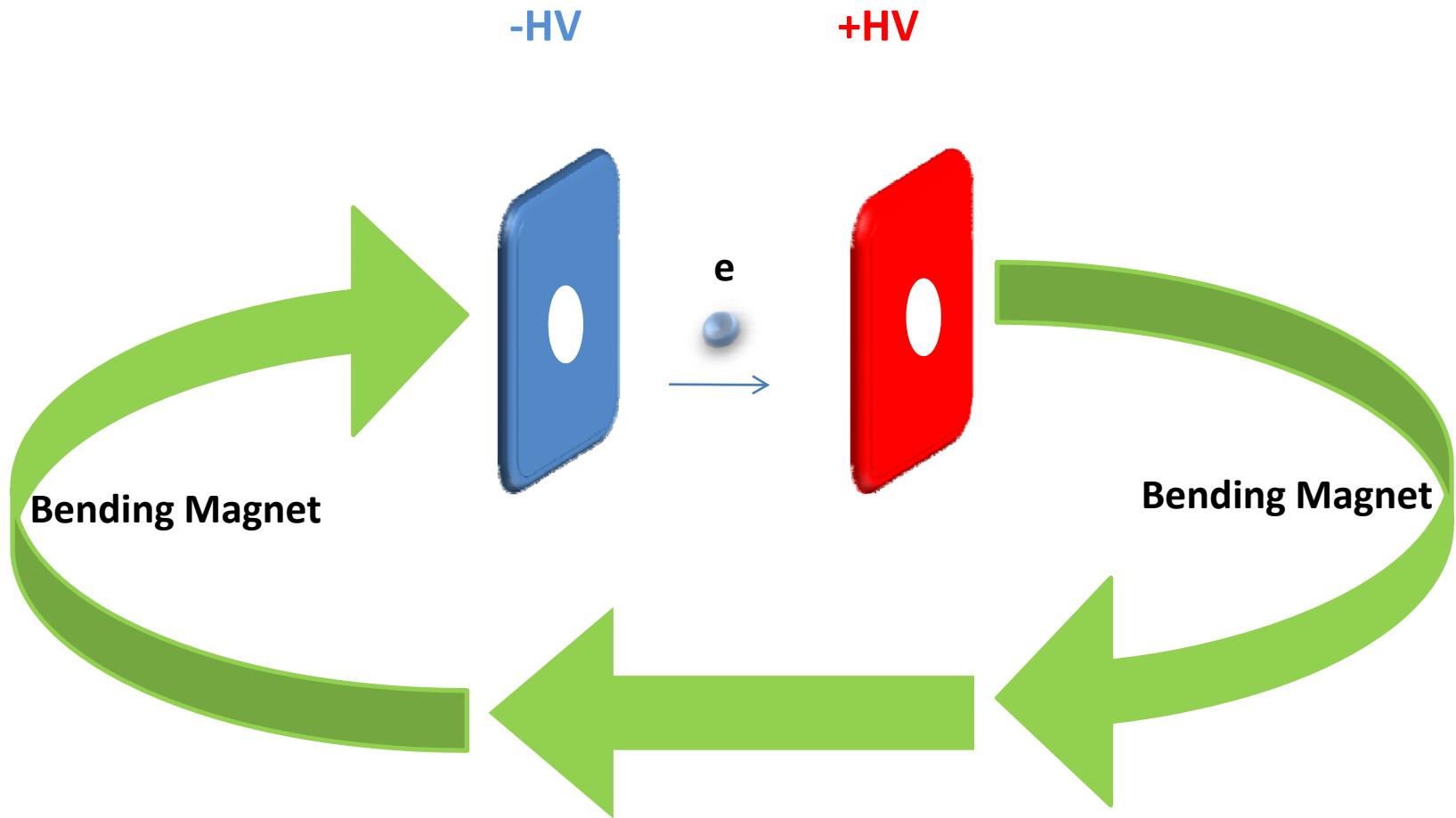
- **Klystron Modulator**



## Klystron Modulator Pulse

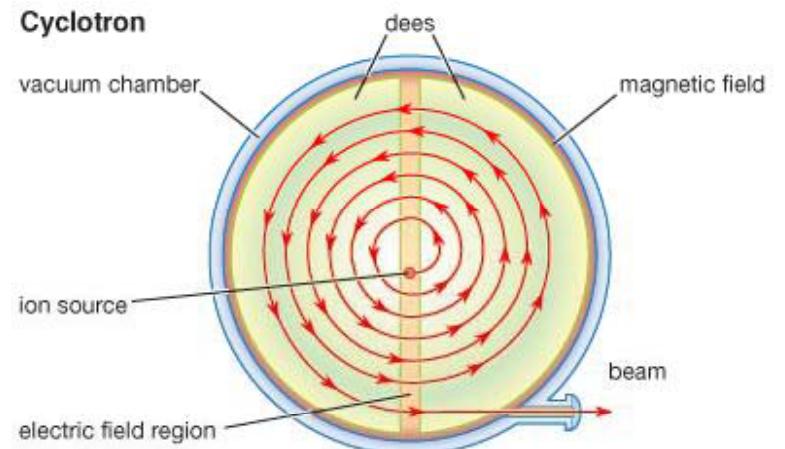
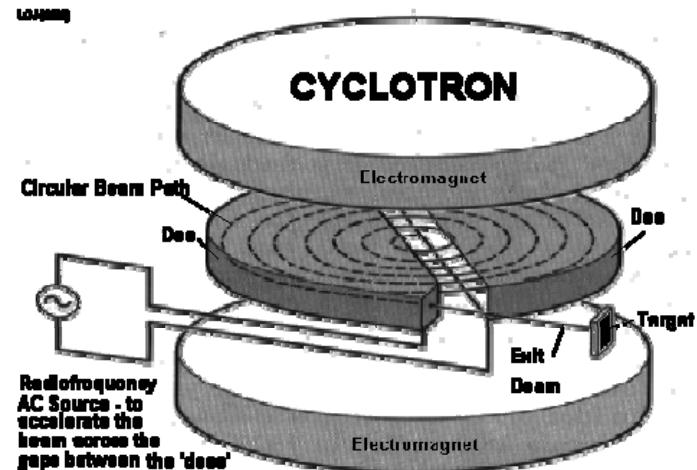


## Booster : Boost the Beam energy up to 3GeV



# Two possible method for circular accelerator

- Fixed magnet, Increasing Radius
- Fixed Radius, Increasing magnet



## Booster Power Supply :

Using Kirchoff's voltage law (KVL):

$$-v(t) + (R_{cable} + R_{magnet})i(t) + L \frac{di(t)}{dt} = 0$$

$$Ri(t) + L \frac{di(t)}{dt} = v(t)$$

Converting to the s domain

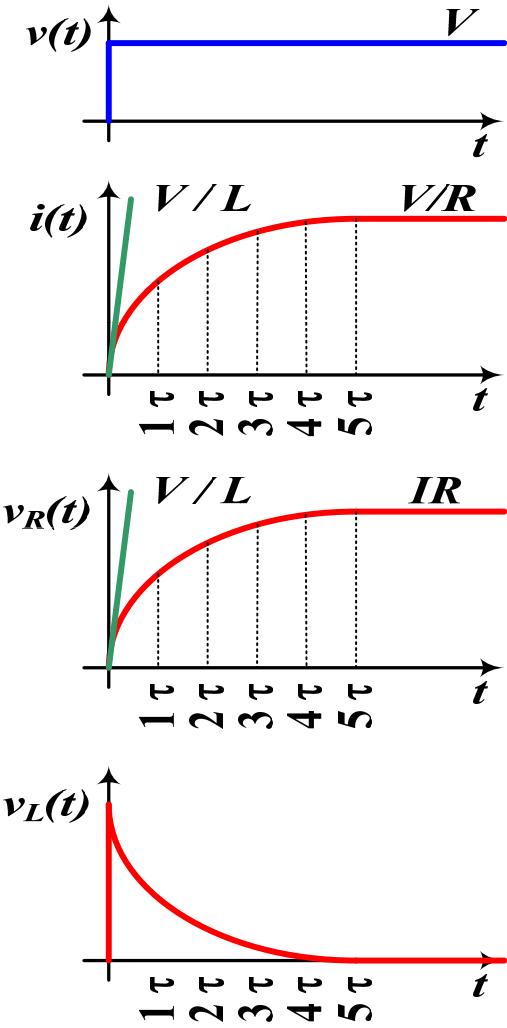
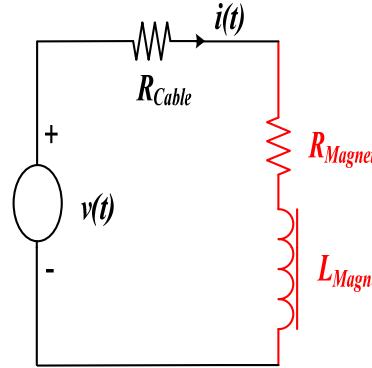
$$RI(s) + LsI(s) - Li(0) = V(s), \quad \text{But } i(0) = 0 \text{ and } V(s) = \frac{V}{s}$$

Rearranging gives

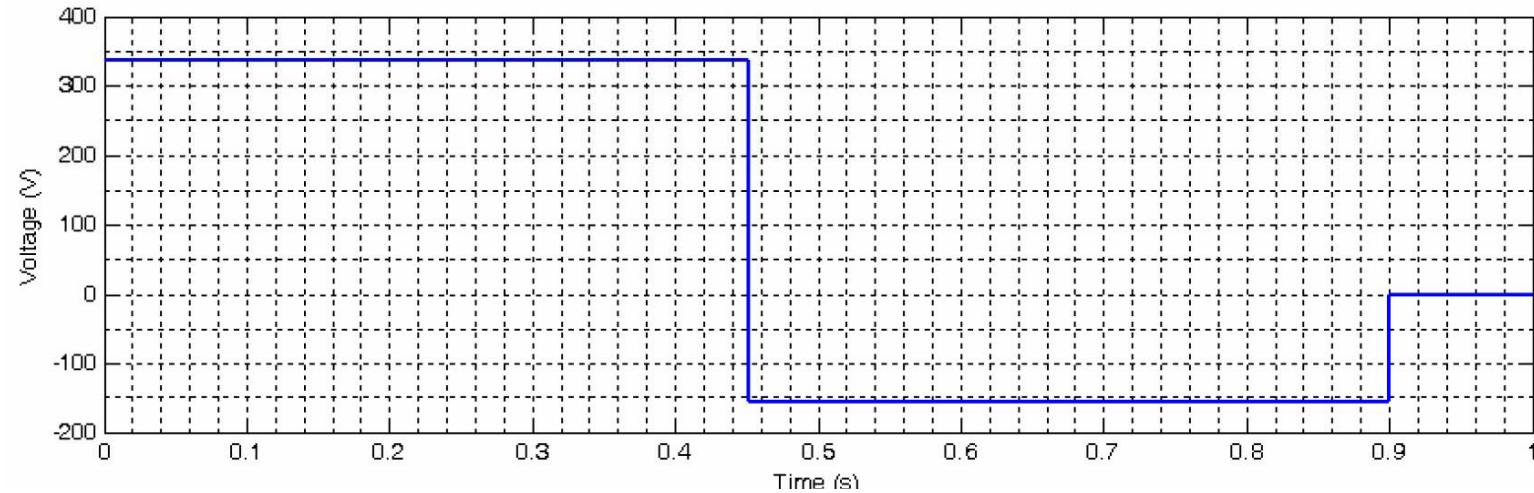
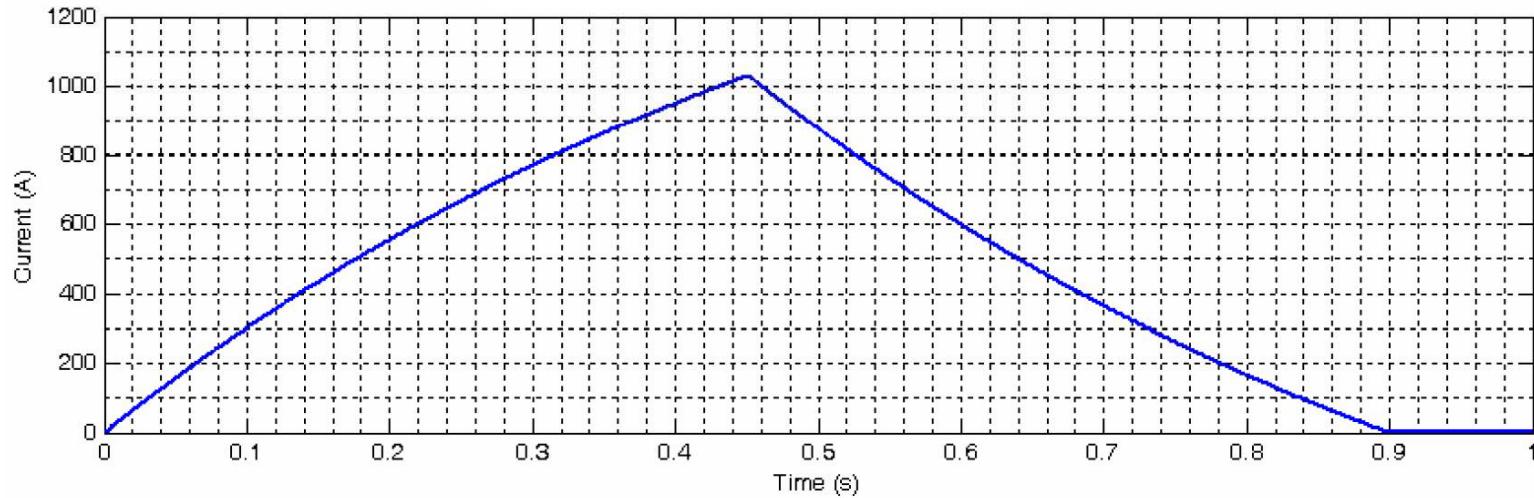
$$I(s) \frac{L}{R} \left( s + \frac{R}{L} \right) = \frac{V}{s} \quad \text{let } \frac{R}{L} = \alpha \text{ and } \frac{L}{R} = \frac{1}{\alpha} = \tau$$

$$I(s) = \frac{V}{R} \frac{\alpha}{s(s + \alpha)}$$

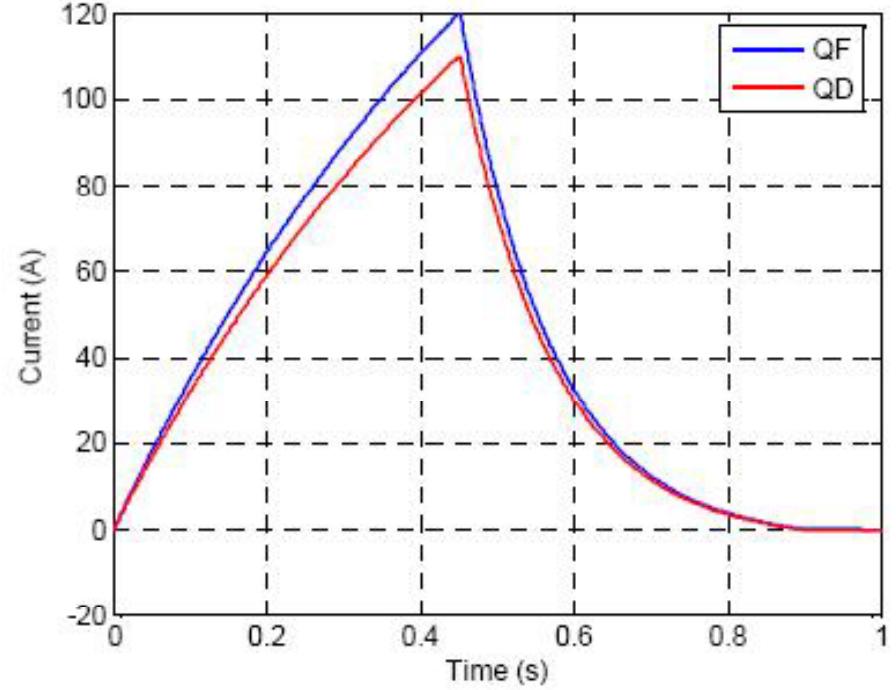
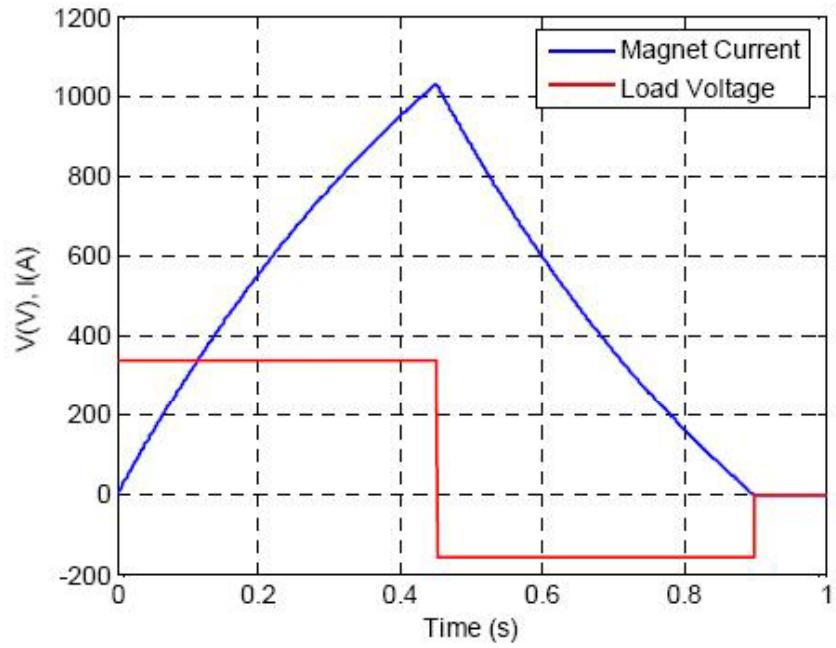
$$i(t) = \frac{V}{R} \left( 1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$



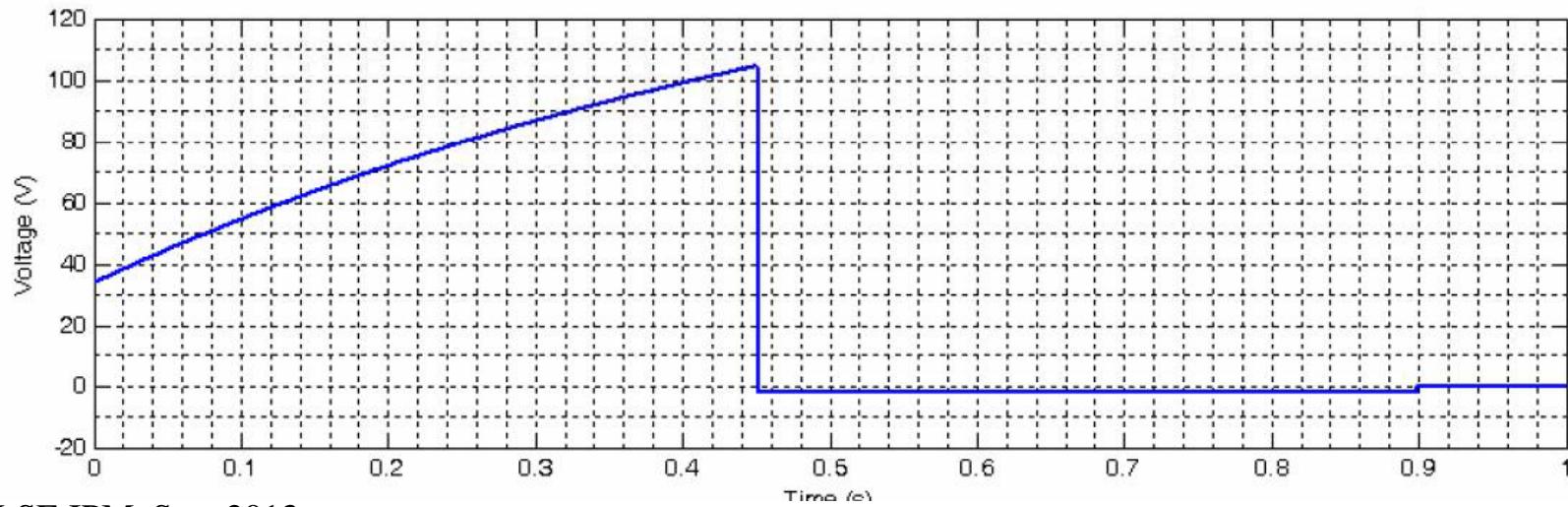
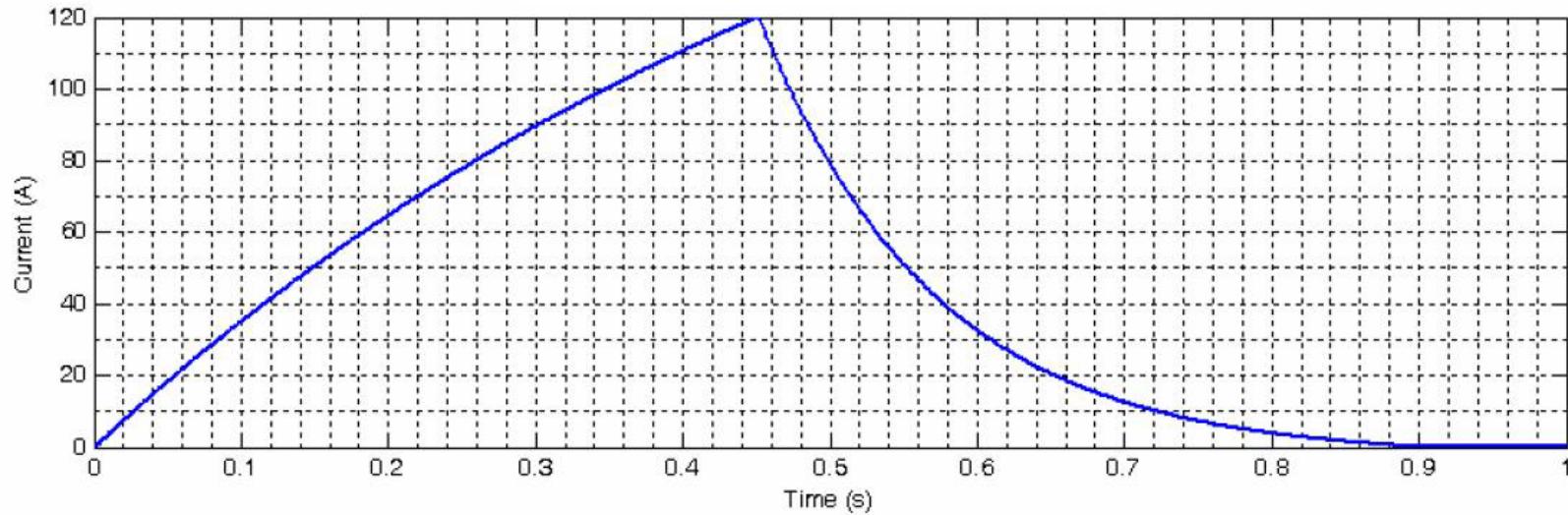
$$\frac{di}{dt} = (V - Ri)/L$$



# Current wave form of SESAME booster

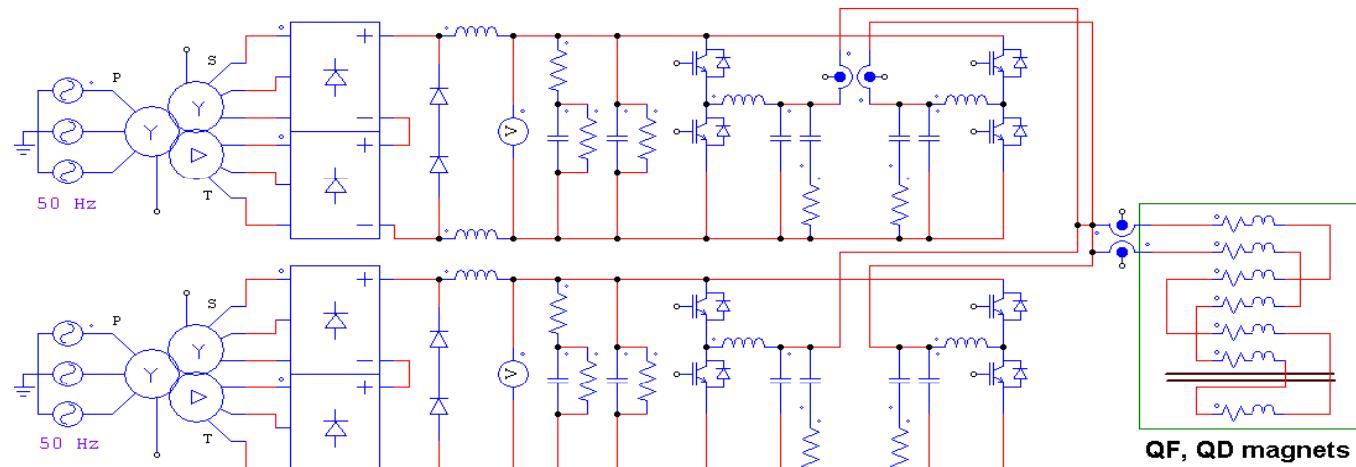


$$\frac{di}{dt} = (V_{(t)} - Ri)/L$$



## Specifications of dipole magnets power supply in Booster

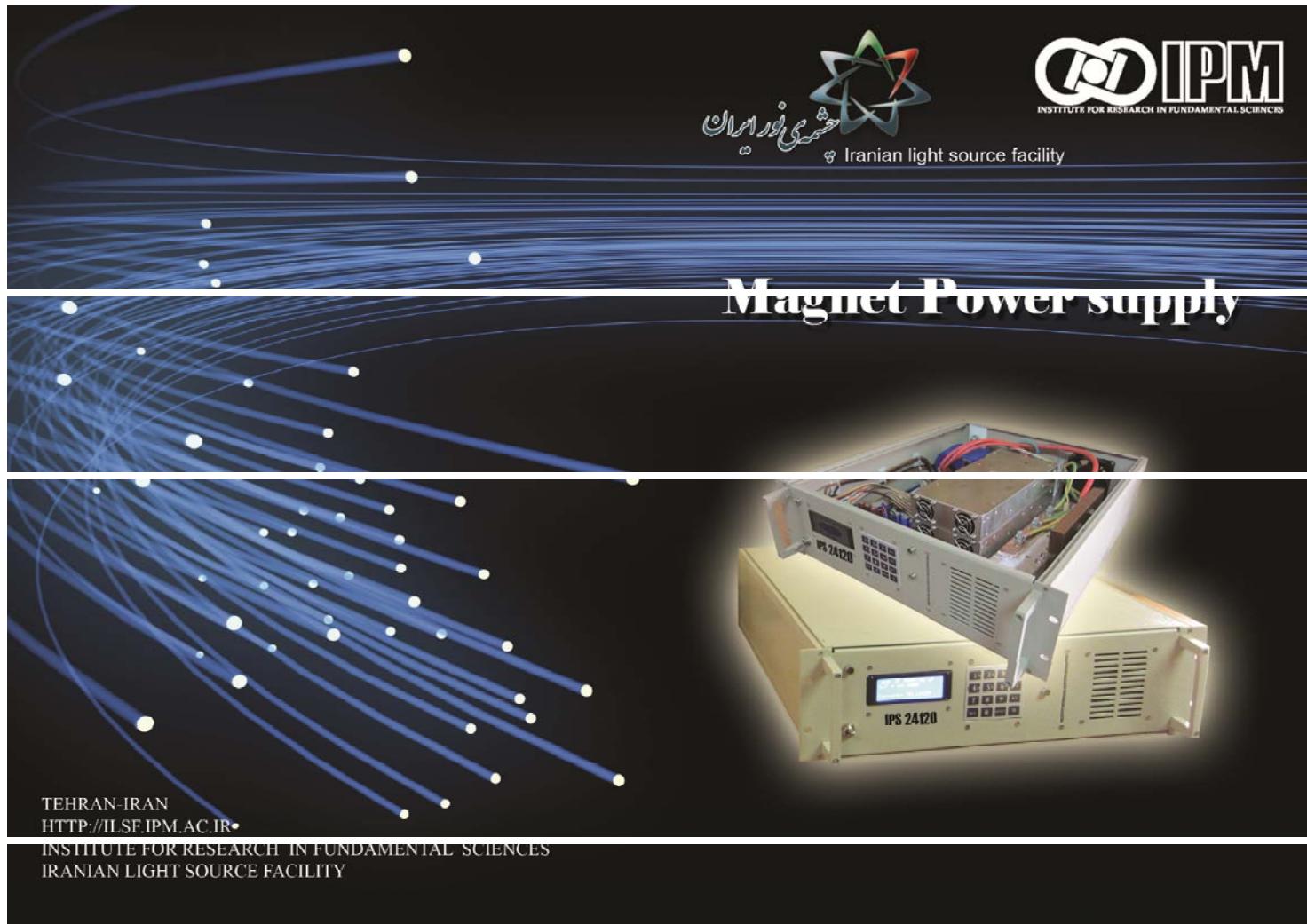
<b>AC input power</b>	3-phase 6.3kV VAC / 22kV
<b>Peak current (<math>I_{\max}</math>)</b>	602 ADC
<b>Peak voltage</b>	542 VDC
<b>Stability (100S – 8 h) (referred to <math>I_{\max}</math>)</b>	$\pm 10$ ppm
<b>Current resolution (referred to <math>I_{\max}</math>)</b>	10 ppm
<b>Reproducibility (referred to <math>I_{\max}</math>)</b>	100 ppm
<b>Measured current resolution</b>	18 bit $\pm 1$ LSB at 50 $\mu$ sec

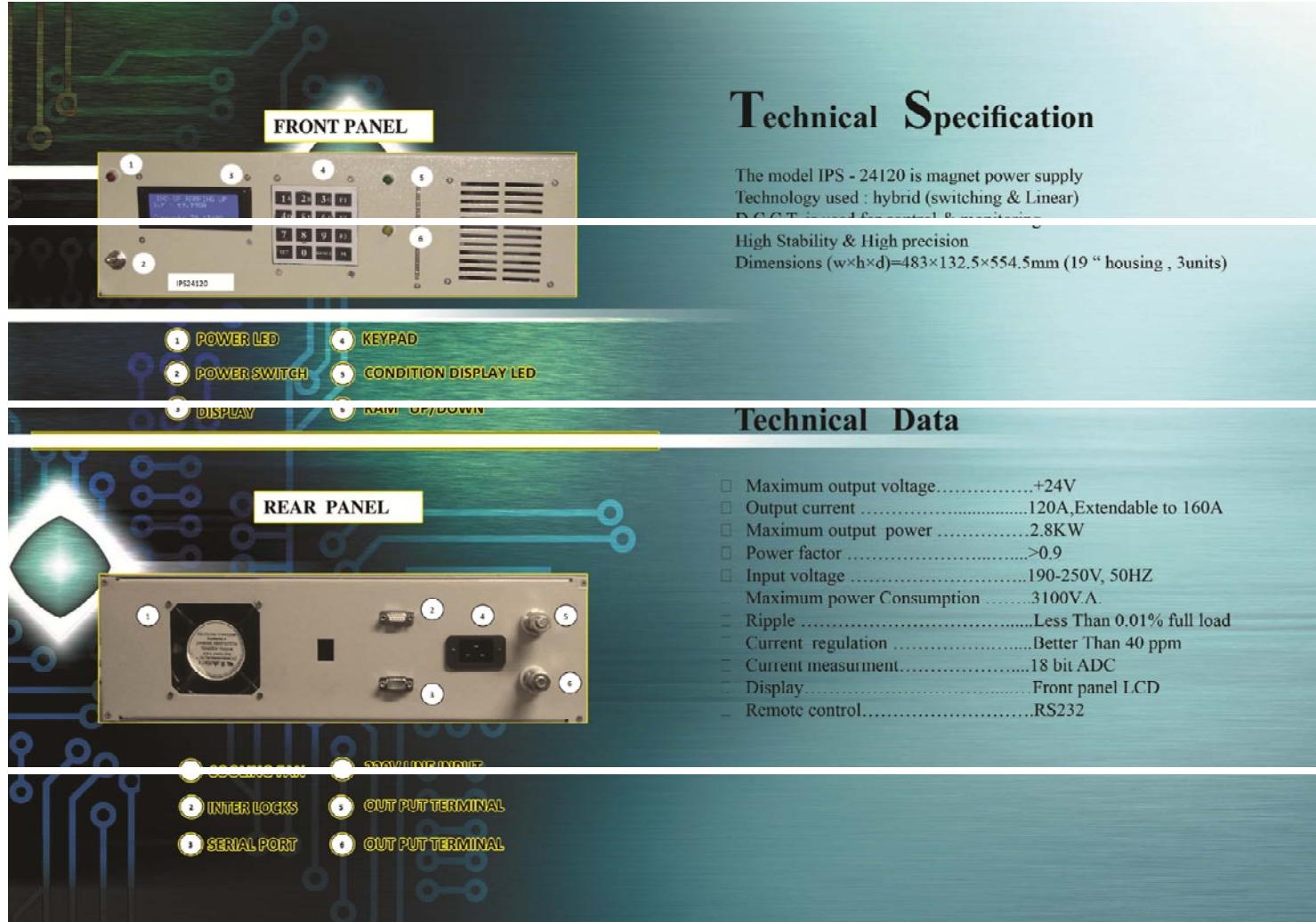


## power supplies in storage ring

- one power supply for series connected bending magnets
- Independent power supply for each quadrupole magnet
- one power supply for each family series connected sextupole magnets
- Independent bipolar power supply for corrector magnet
- Independent bipolar power supply for each slow corrector magnet
- Independent bipolar power supply for each fast corrector magnet

برخی فعالیت های انجام شده در گروه منابع تغذیه در طرح چشم نور ایران :



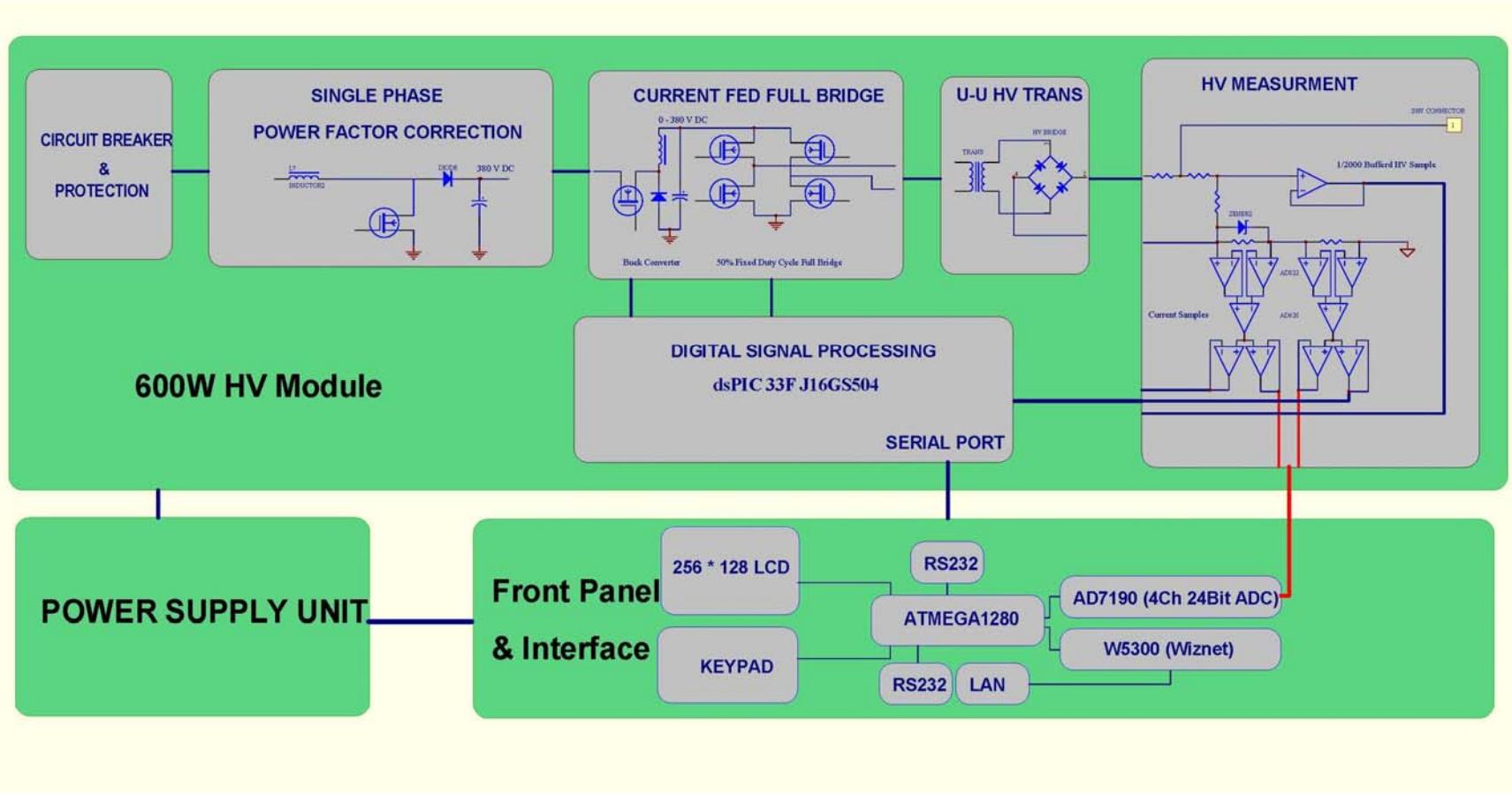


## Ion pump controller

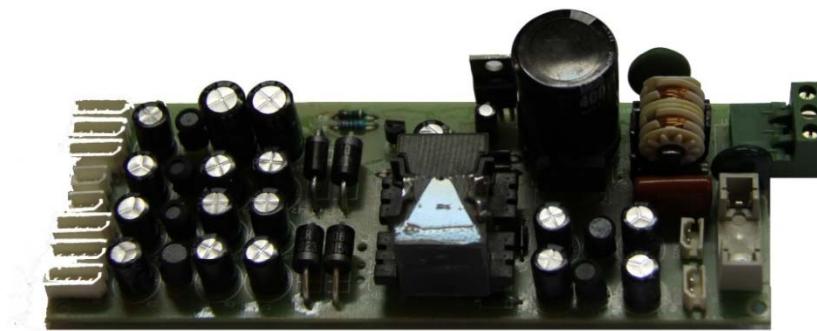
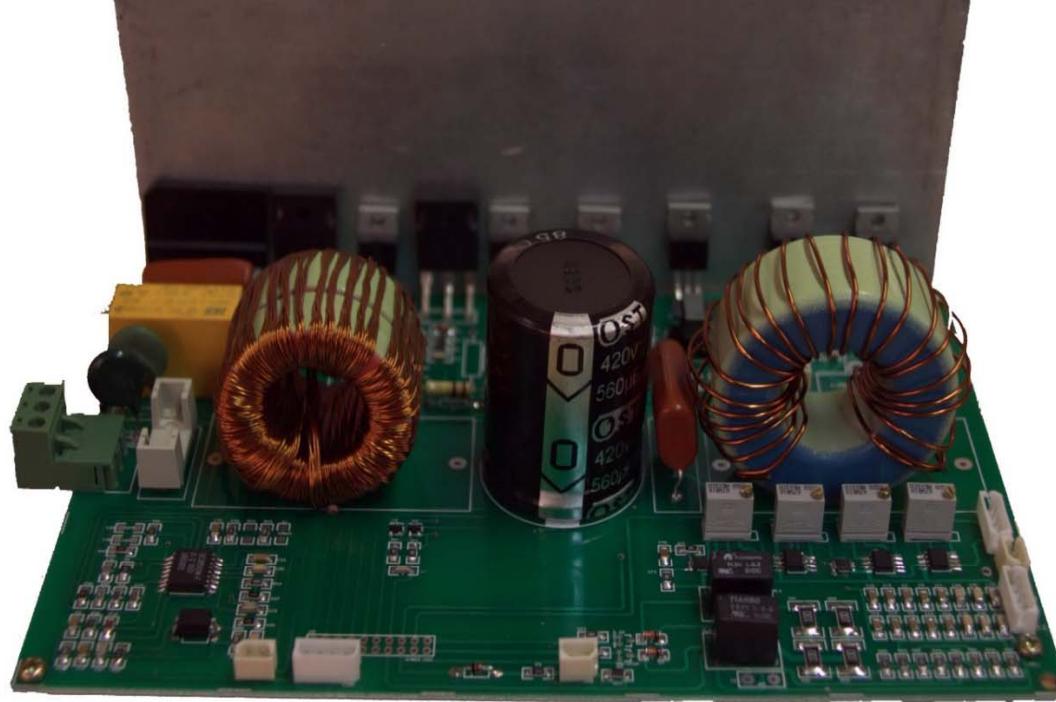
### 1-HV Module

### 2-Front Panel & Interface

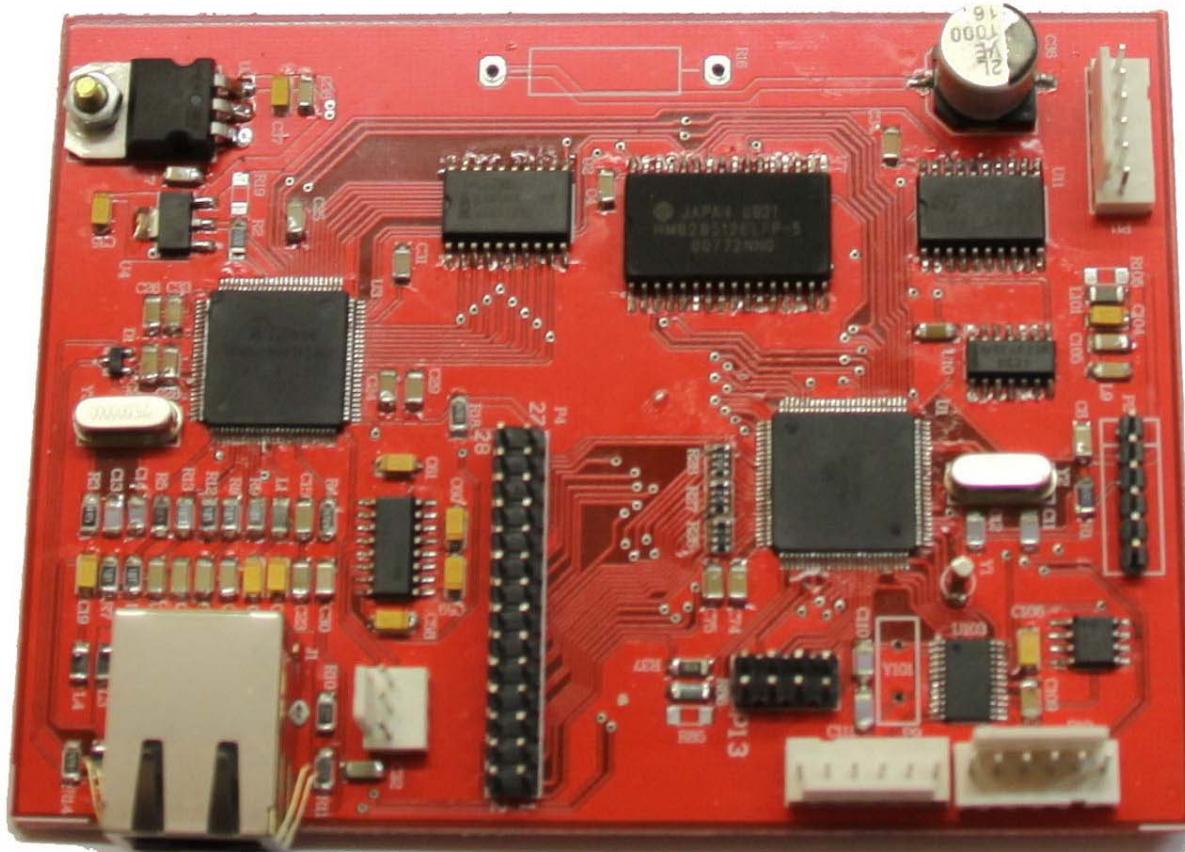
### 3-Precision Current Measurement

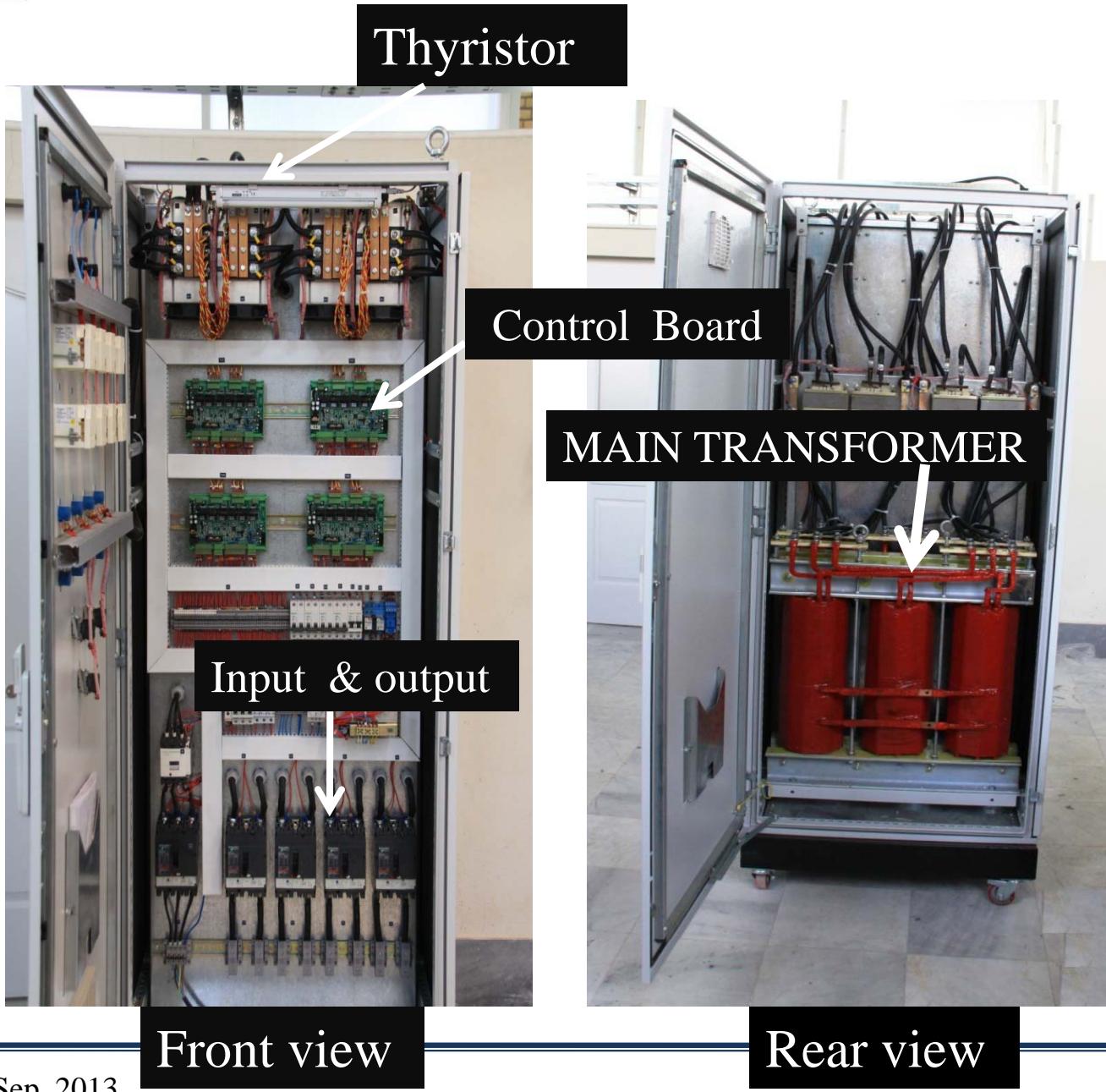


## 1-HV Module



## 2- Front Panel & Interface



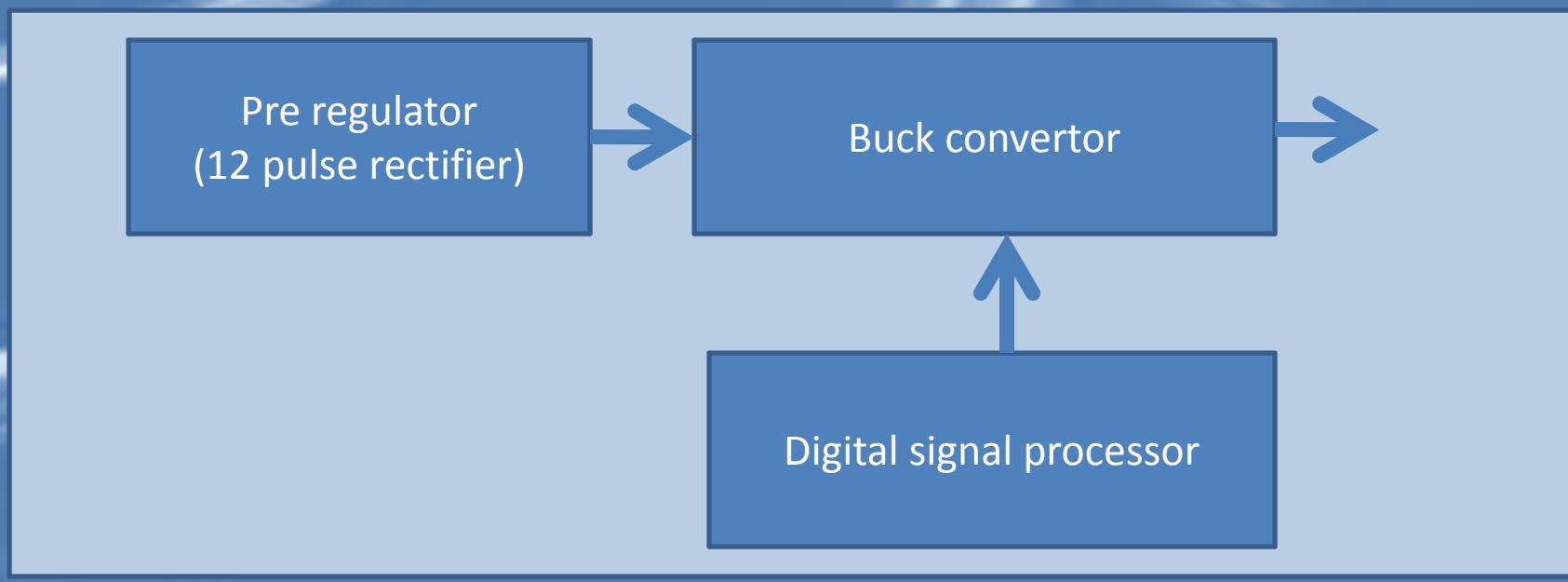


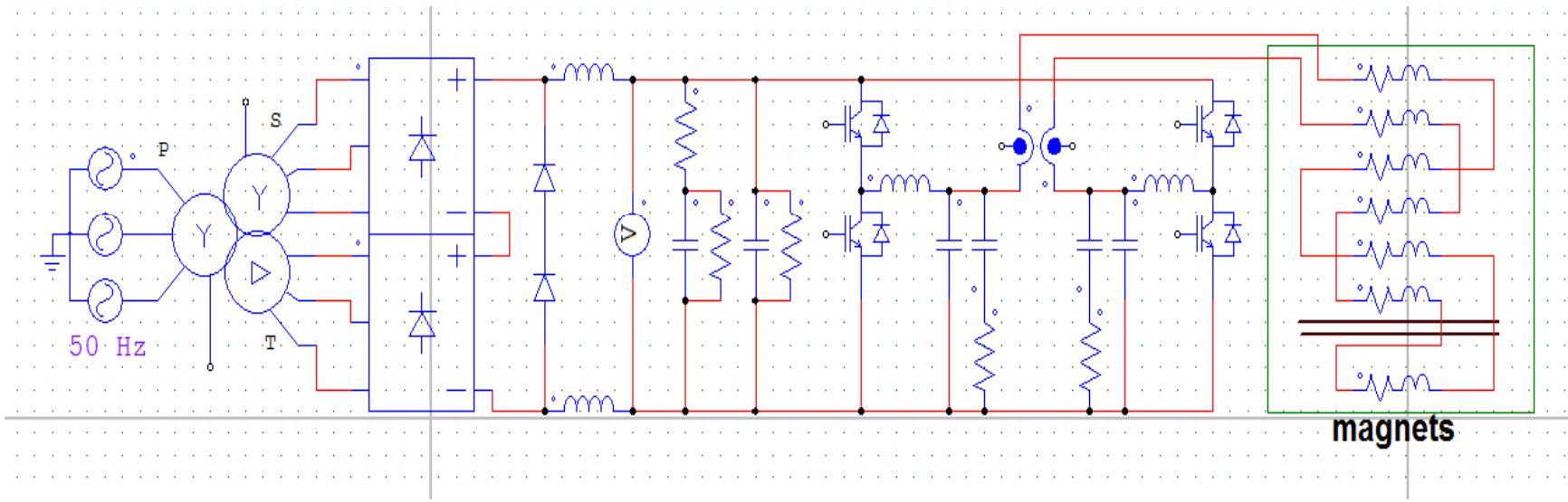
### ❖ Ramping Power Supply For Booster

This power supply can be used in constant and Variable current mode with Desired current waveform

This prototype Included:

- 1-Pre-regulator(12 pulse Rectifiers)
- 2- High accurate & high current Regulator (High Frequency)





# با تشکر از حضار و اساتید محترم

## موفق باشید