



**Development of Scientific DLNP Infrastructure for Research
Using Semiconductor Detectors, laser Metrology, Electrons,
Positrons and Cryogenic Technology
08-2-1126-2015**

**Design and development of a test zone for methodological studies of
detectors at a linear electron accelerator LINAC-200 in the DLNP
08-2-1126-1-2024/2028**



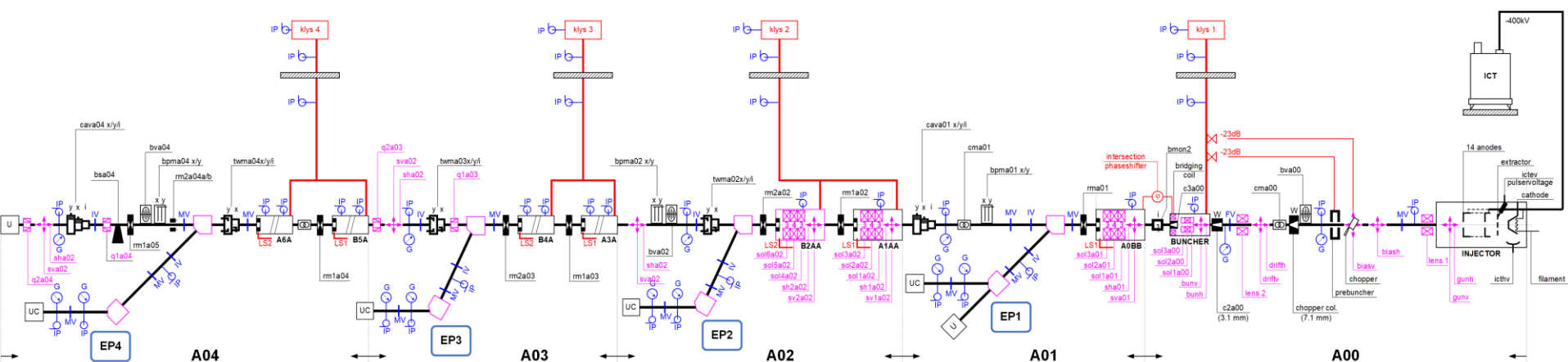
**Joint Institute
for Nuclear Research**
SCIENCE BRINGS NATIONS
TOGETHER

Linear electron accelerator LINAC-200 as a core for a new test beam facility at DLNP JINR

Status report

Aleksei Trifonov (on behalf of the LINAC-200 team)
Dzheleпов Laboratory of Nuclear Problems

Accelerator layout



Relevance

14 июля 2023 090-17/264

Директору ЛЯП
В.А. Беднякову

01 АВГ 2023 100-82/1400

Директору Лаборатории ядерных проблем
Беднякову В.А.


Уважаемый Вадим Александрович!

Лаборатория радиационной биологии выражает заинтересованность в введении в эксплуатацию линейного ускорителя электронов ЛИНАК-200. Использование пучков ускоренных электронов различных энергий предусмотрено в рамках исследований по двум проектам темы ЛРБ 05-7-1077-2009 «Исследования биологического действия ионизирующих излучений с разными физическими характеристиками». Также сотрудники ЛРБ участвуют в международной коллаборации FLAP.

Для проведения радиобиологических и биофизических исследований необходимы пучки гамма-квантов с энергией более 1 МэВ, которые можно получить на выводе электронного пучка энергией 20 МэВ с использованием мишени-конвертера. Важно отметить также возможность облучения образцов с реализацией режимов низкой и высокой мощностей дозы. Для ряда исследований по радиационной безопасности требуются электроны более высоких энергий, что будет возможным на выводе пучка с энергией 200 МэВ. В рамках коллаборации FLAP предполагается создание ускорительного источника терагерцового излучения с перестраиваемым спектром для радиобиологических исследований ЛРБ.

Считаем, что введение в эксплуатацию установки ЛИНАК-200 расширит возможности радиобиологических экспериментов в ОИЯИ.

Директор ЛРБ


А.Н. Бугай

Уважаемый Вадим Александрович,

Линейный ускоритель электронов ЛИНАК-200, готовящийся к вводу в эксплуатацию в Лаборатории ядерных проблем, является чрезвычайно востребованным инструментом для испытания и калибровки детекторов для ядерно-физических установок и прикладных каналов ускорительного комплекса NICA.

В частности, подготовка и испытания детекторов для циркулирующих и выведенных пучков Нуклотрона и Бустера, а также разработка и испытания прототипов детекторов для установок MPD и SPD могут проводиться с использованием линейного ускорителя электронов.

Следует отметить широкую программу экспериментальных исследований фундаментальной и прикладной направленности в рамках развивающейся международной коллаборации FLAP.

Лаборатория физики высоких энергий заинтересована в скорейшем вводе в эксплуатацию линейного ускорителя электронов ЛИНАК-200 и проведении совместных исследований на нем.

Директор ЛФВЭ


А.В. Бутенко

Relevance

05.09.2023 № 032-08/456

Директору ЛЯП
Беднякову В.А.



O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI FANLAR AKADEMIYASI

© 100047, Toshkent shahri, akad. Yul'yo G'ulomov ko'chasi, 70-uy. ☎ (+998) 71 2335967
🌐 www.academy.uz; 📧 devonxon@academy.uz; control@academy.uz

11.09.2023г.
№ 1/1255-1903

Директору
Объединенного института
ядерных исследований,
академику РАН
Г.В. Трубинову

Глубокоуважаемый Григорий Владимирович!

Сотрудничество между научными и образовательными центрами Узбекистана и ОИЯИ в области спектроскопических исследований в Лаборатории ядерных проблем имеет более чем полувековую историю. Традиционно, целями нашего сотрудничества являются совместные фундаментальные исследования на базовых установках ЛЯП и подготовка высококвалифицированных физиков-экспериментаторов.

Введение в эксплуатацию линейного ускорителя электронов ЛИНАК-200 позволит существенно расширить наше участие в исследовательских проектах ОИЯИ. Результаты предварительных экспериментов по изучению многонуклонных фотоядерных реакций, исследованию механизма образования нейтронodefицитных ядер, и др., выполненных в тестовом режиме запуска ускорителя с участием сотрудников Узбекистана (соглашение о сотрудничестве 400-11/1), свидетельствуют о перспективности широкомасштабных фундаментальных и прикладных исследований с использованием ЛИНАК-200, в том числе, связанных с ядерной медициной.

Мы выражаем несомненную поддержку скорейшему введению ускорителя ЛИНАК-200 в эксплуатацию и началу проведения полномасштабных физических исследований.

С глубоким уважением,

Полномочный Представитель
Правительства Республики
Узбекистан в ОИЯИ,
президент АП РУз

Б.С. Юлдашев

Уважаемый Вадим Александрович!

Учебно-научный центр обращается к Вам с просьбой об организации доступа к ЛИНАК-200, после ввода ускорителя в эксплуатацию, и создания условий работы для реализации образовательных программ УНЦ ввиду большой востребованности в партнерских организациях ОИЯИ как в странах участниках, так и далеко за их пределами.

Как Вы знаете, практические навыки, необходимые инженеру-ускорительщику или физико-экспериментатору, как правило трудно получить в университете, поэтому с целью интенсификации образовательных программ в области подготовки инженерно-технических специалистов для Института и государств-членов ОИЯИ и в соответствии с решением КПП от 25–26 марта 2014 г. была организована Научно-инженерная группа УНЦ.

К настоящему времени разработанный группой Инженерный практикум УНЦ включает практикумы по электронике, основам ядерной физики и детекторам элементарных частиц, СВЧ и вакуумной технике, автоматизации физических установок, весьма востребованные партнерскими университетами и международных студенческими программами УНЦ. Следующим, очень ожидаемым, шагом по развитию подготовки специалистов была бы возможность обучения с использованием реального ускорителя. С этой целью на ЛИНАК-200 ЛЯП ОИЯИ создается учебный участок, на котором планируется реализация практических учебных курсов по устройству ускорителя и диагностике пучка.

Целевой аудиторией практикумов на ускорителе будут как студенты и аспиранты ускорительных и технических специальностей, так и сотрудники ОИЯИ и государств-членов, чья деятельность связана с ускорителями, в рамках повышения квалификации. Доступ к ЛИНАК-200 даст также УНЦ дополнительные возможности по расширению международного сотрудничества ОИЯИ и популяризации науки.

Просим поддержать развитие учебного участка ускорителя ЛИНАК-200 и выделить пучкового времени для реализации образовательных программ в области подготовки инженерно-технических кадров для ОИЯИ и государств-членов.

Директор УНЦ

Д.В. Камани

Main systems of the LINAC-200 accelerator

- Electron Gun
- Acceleration & RF
- Magnetic system
- New Control system
- Beam Diagnostics
- New Radiation Safety system & Interlock and Alarm system

Electron Gun

Type	Thermionic
Max. energy	400 keV
Peak beam current	300 mA
Normalized emittance	$8 \pi \cdot \text{mm} \cdot \text{mrad}$
Beam diameter	1,5 mm



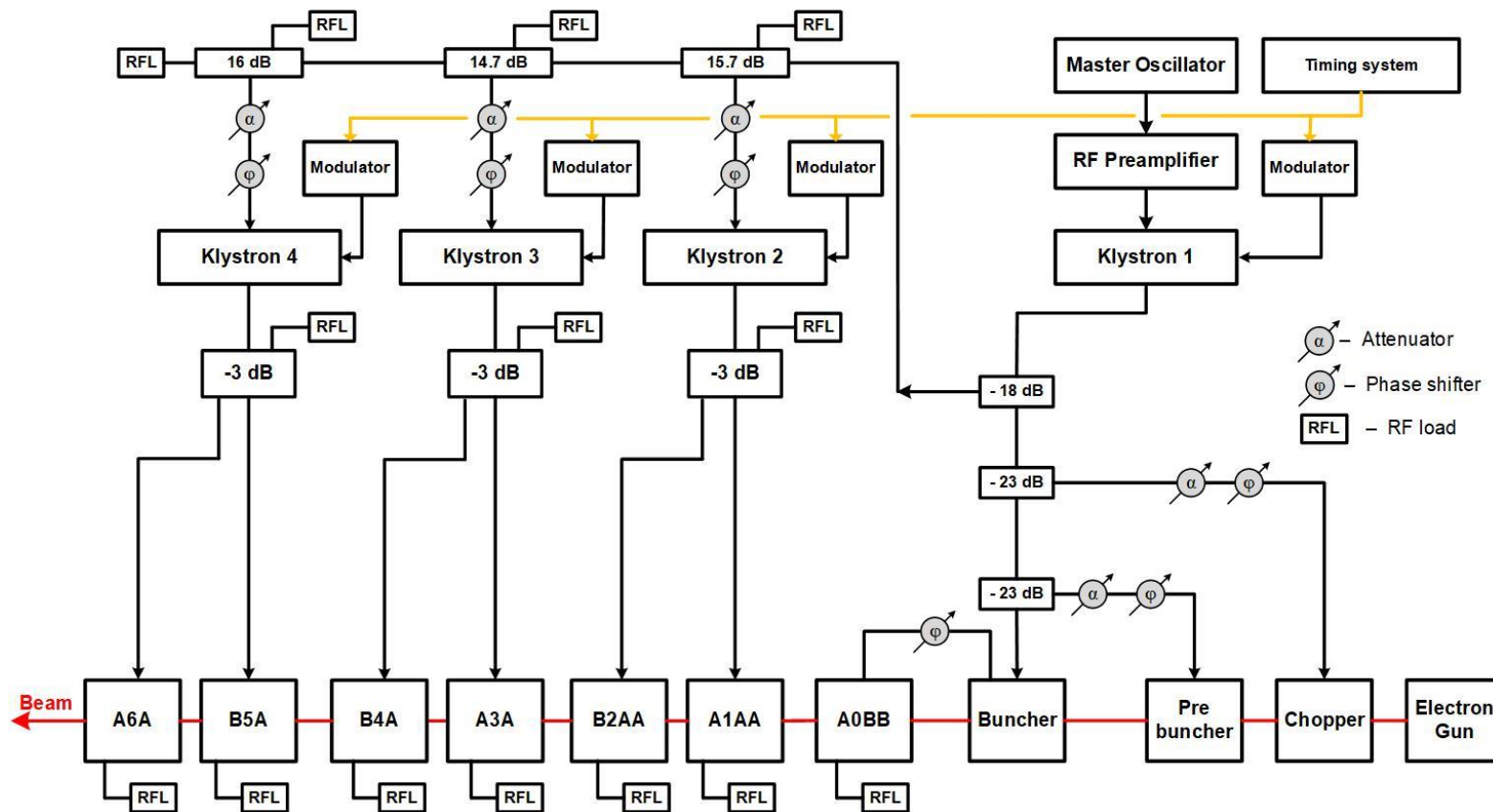
Acceleration & RF

Total length, m	55
Number of short (3.7 m) sections	3
Number of long (7.3 m) sections	4
Frequency, MHz	2856
Wave type	TW
Field mode	$2\pi/3$
Filling time, μs	1.3
v_g/c range	0.0093–0.0389
Shunt impedance, $\text{M}\Omega/\text{m}$	56.5–48
Iris aperture: diameter, mm	32–17
thickness, mm	5.84
Number of klystrons	4
RF power: peak, MW	10
mean, kW	20

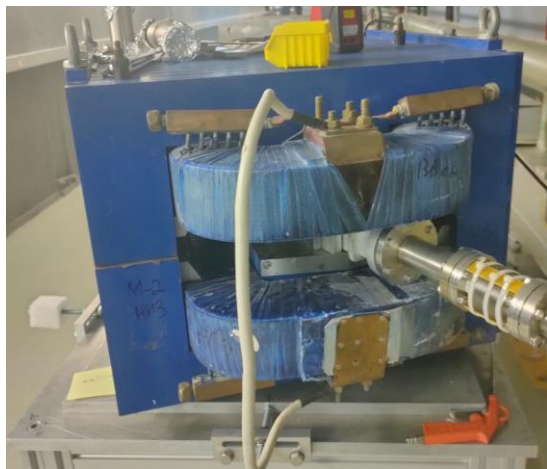
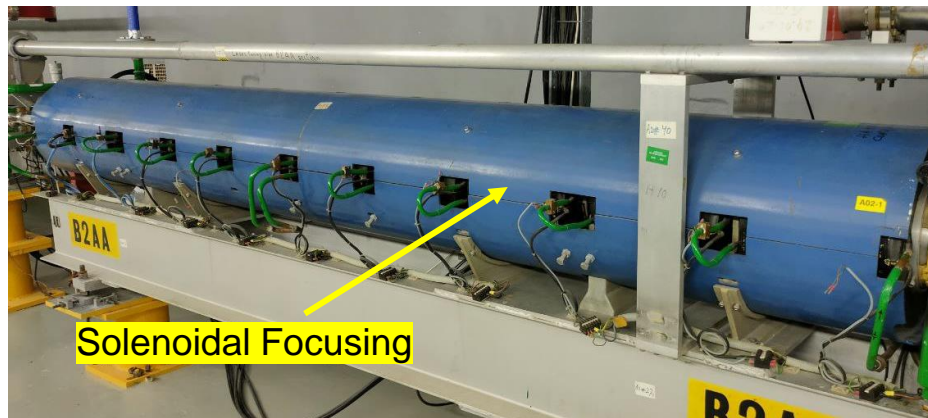
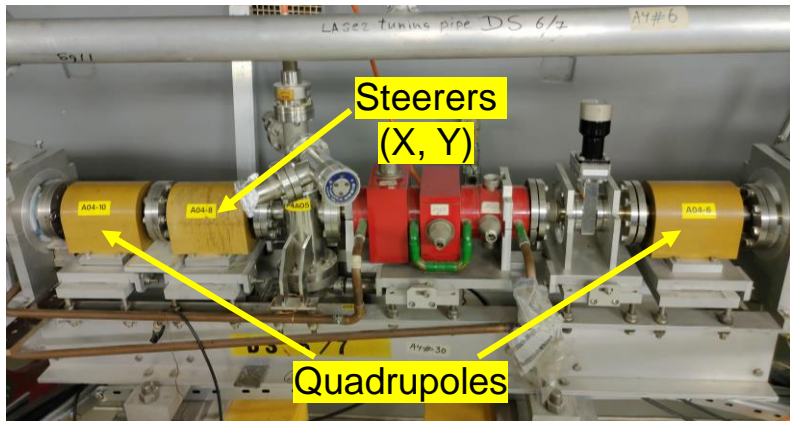


Linac-200 modulators hall

Functional diagram of the RF system



Magnetic system



Quadrupole Focusing and Steering Magnets Control

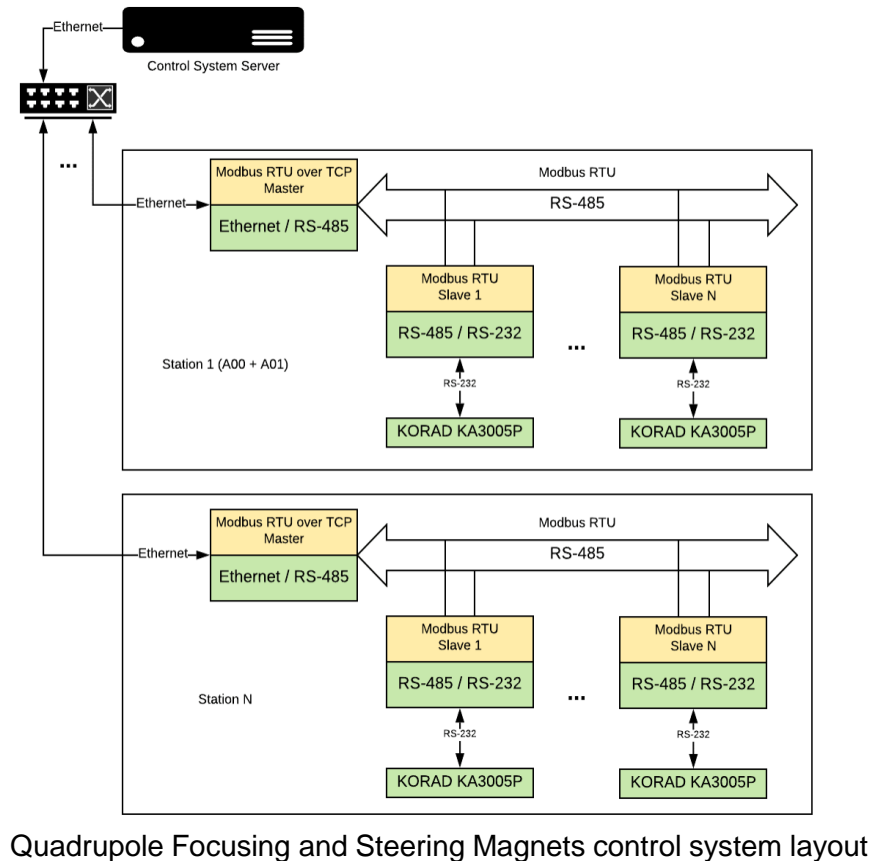
24 KORAD power supplies

- 22 (30 V, 5 A)
- 2 (60 V, 3 A)



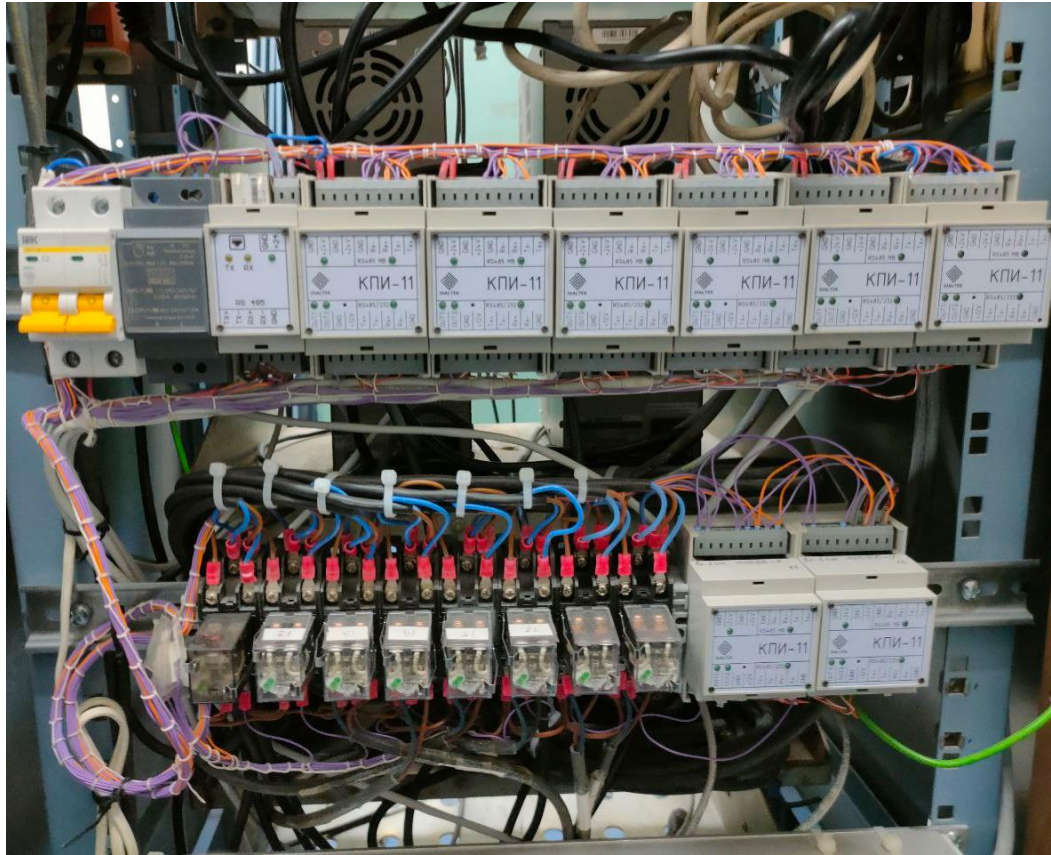
Ethernet to RS485 converter

Modules for communication with power supplies



Quadrupole Focusing and Steering Magnets control system layout

Quadrupole Focusing and Steering Magnets Control



Quadrupole Focusing and Steering Magnets Control

Magnetic Elements Control System

File

A03 A02 A01 A00

The diagram illustrates the beamline layout for the Magnetic Elements Control System. It starts with an induction sensor 1, followed by a buncher (containing bunch_X and bunch_Y), lens_2, Drift_X, Drift_Y, cm_a00, chopper col., bv_a00, prebuncher, chopper, lens_1, and finally the Electron Gun (containing Gun_X and Gun_Y).

Electron Gun Corrector X

Voltage: 1.86 + 1 9 . 0 0
Current: 2.703 + 2 . 7 0 3
On/Off Polarity R/L

Electron Gun Corrector Y

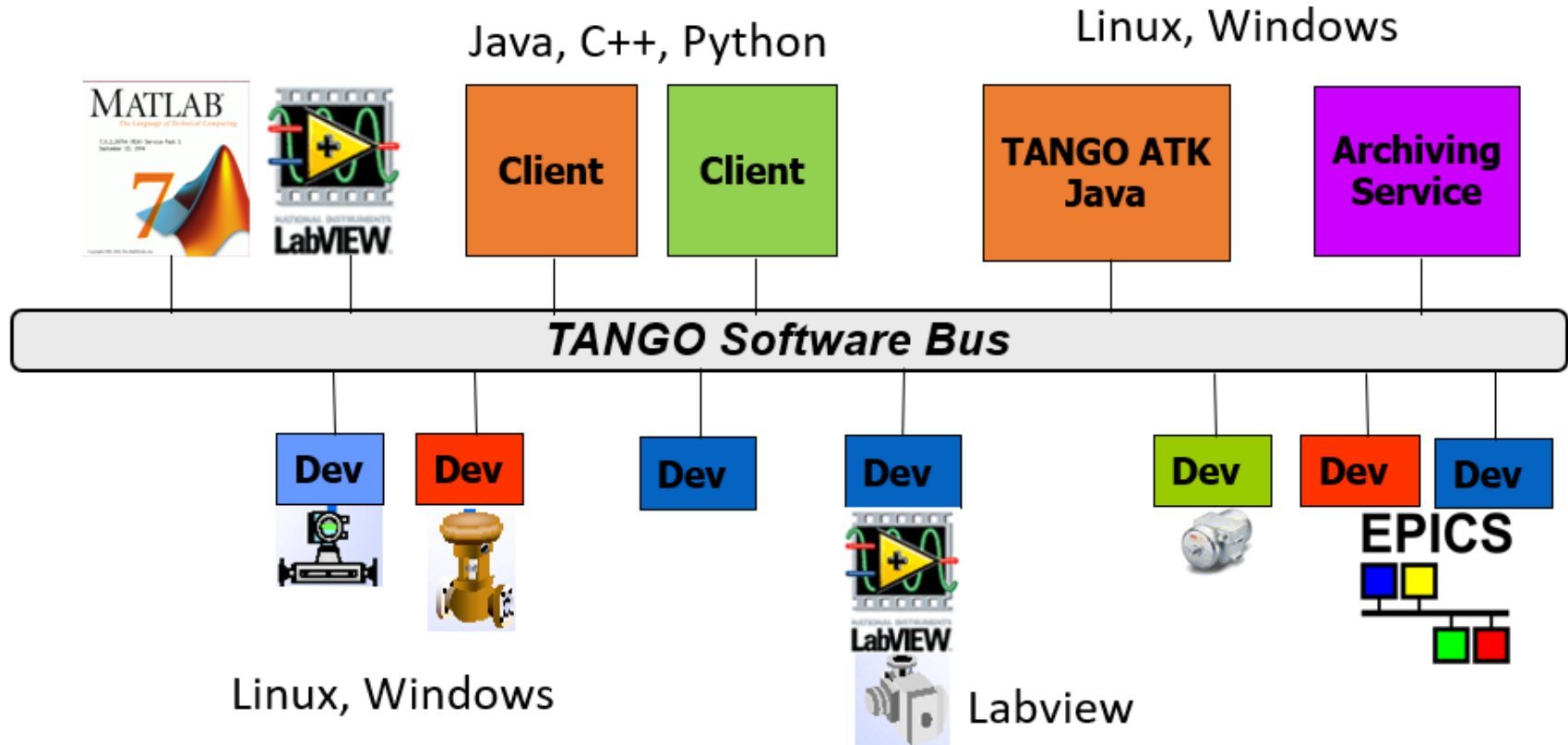
Voltage: 1.34 + 1 8 . 0 0
Current: 1.533 + 1 . 5 3 3
On/Off Polarity R/L

Requirements for the New Control System

Main requirements for the new control system:

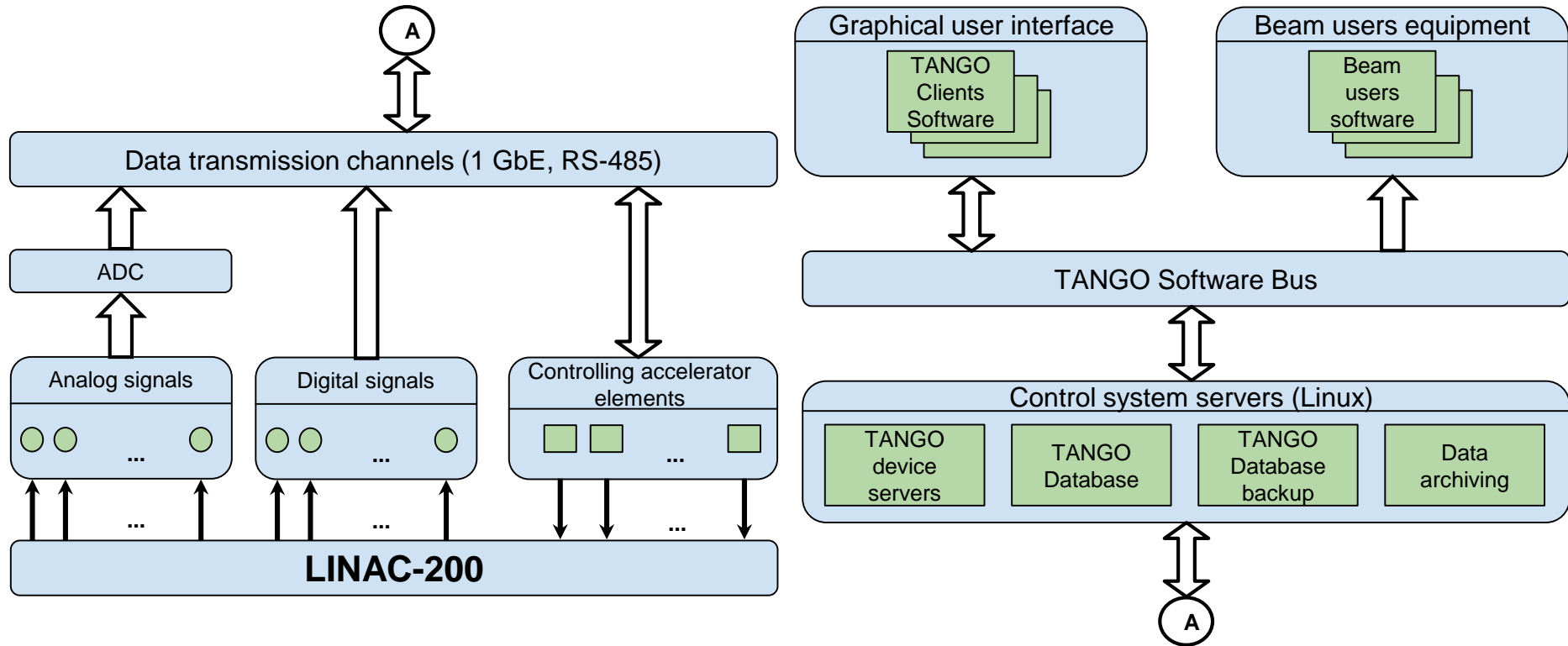
- high reliability
- serviceability
- using standard interfaces for communication between components
- possibility of future modifications and extensions
- possibility of using existing developments of the world community

TANGO-based Control System

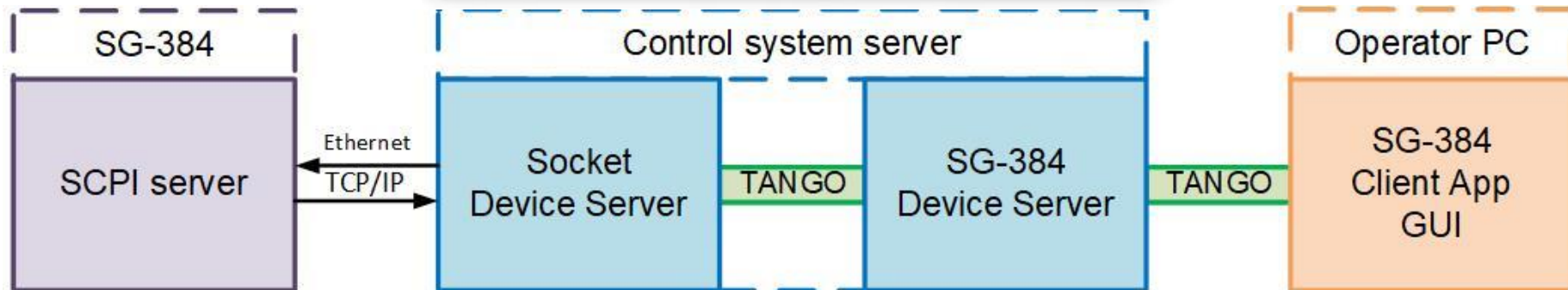


Official website: <https://www.tango-controls.org/>

Control System Concept



Example – Master oscillator controls



Example — Master oscillator controls

The screenshot shows a control window titled "MasterOscillator". At the top, there are two green buttons: "Go to LOCAL" and "Turn OFF nType output". Below these are two sections for numerical input:

Frequency, MHz
+ 2 8 5 6 . 0 0

Amplitude, dBm
- 0 0 5 . 6 0

Each digit is positioned between an upward-pointing triangle and a downward-pointing triangle, indicating a numeric keypad interface. At the bottom left, the text "Remote control enabled" is displayed.

The screenshot shows the Tango Control System interface for the SG380 device. The main panel displays a tree view of the device's properties and attributes:

- SG380
 - Class Properties
 - Device Properties
 - Socket
 - Commands
 - State
 - Status
 - disp_frequency
 - disp_ampl_typeN
 - checkError
 - goToRemoteControl
 - goToLocalControl
 - connectionStatus
 - Scalar Attributes
 - Frequency
 - Amplitude
 - chEnable
 - Spectrum Attributes
 - Image Attributes
 - Forwarded Attributes
 - Pipes
 - States
 - RUNNING
 - FAULT

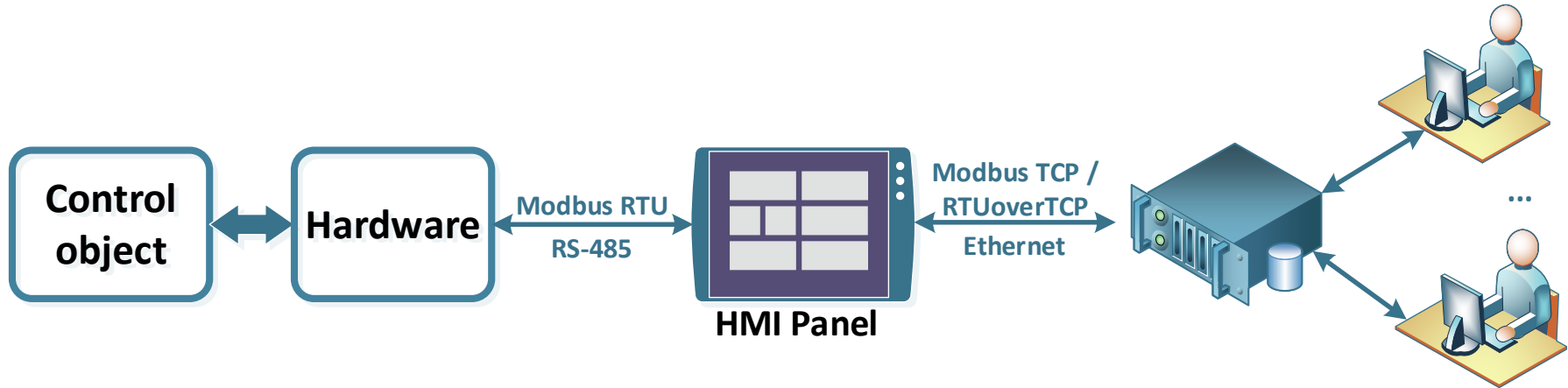
On the right side, a smaller window titled "Tango DeviceImpl" shows the state of the device:

- Tango DeviceImpl
 - + State
 - + Status
 - + ...

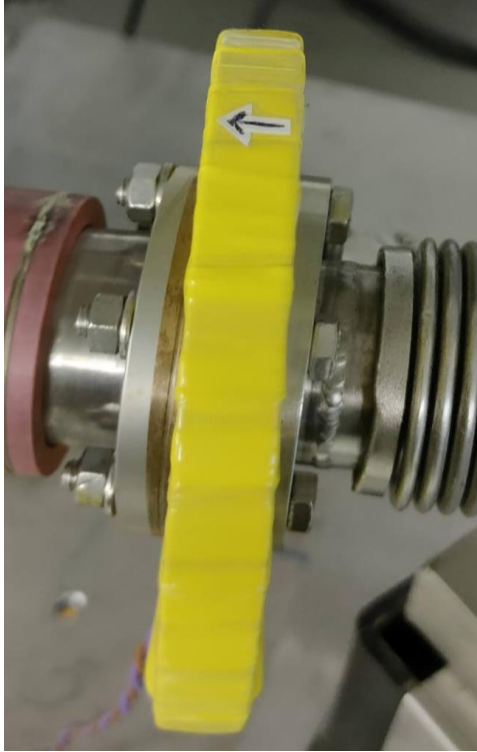
Below this, an arrow points to a box representing the SG380 device, which also shows state and status indicators.

Local Control

- For local control Weintek MT8071iP interface panels are used.
- In addition to displaying the local control graphical interface, the Weintek MT8071iP panel acts as a Modbus server.



Beam Diagnostics



Beam current transformer

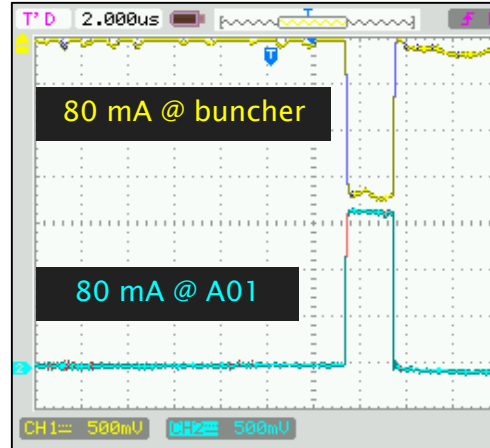
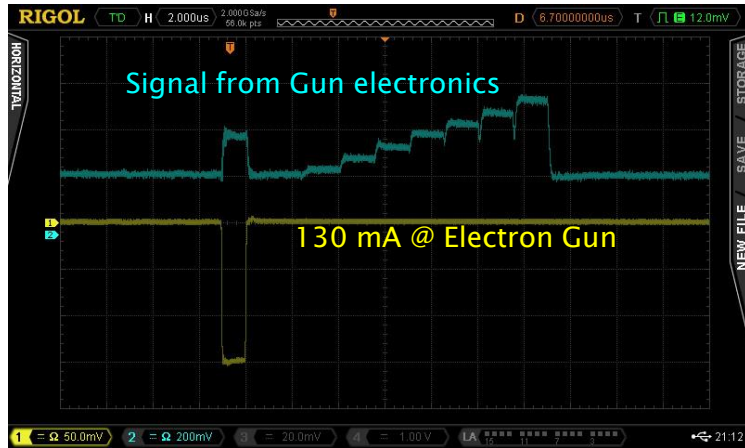


Traveling wave monitor (TWM)

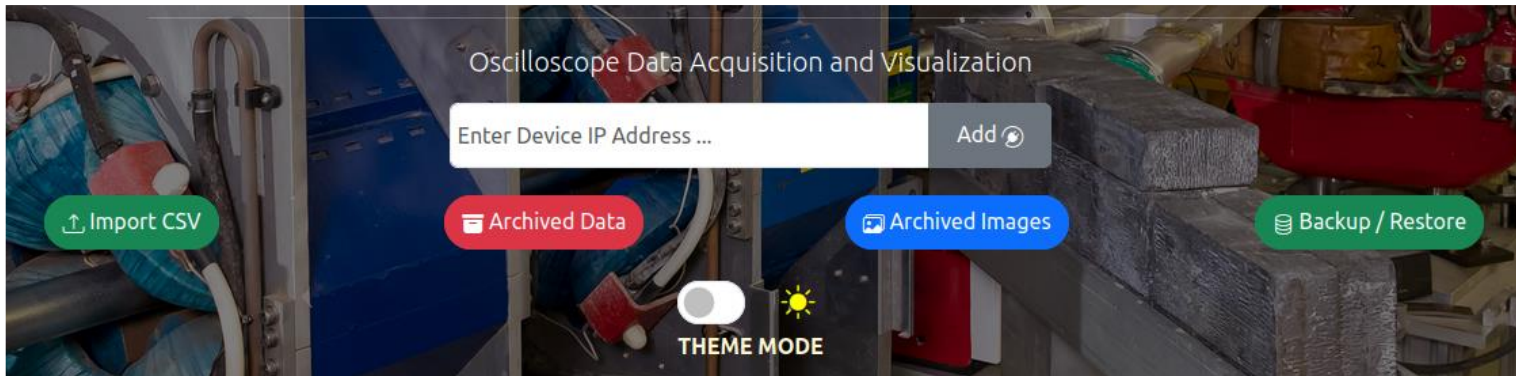


Compton radiation monitor

Beam Diagnostics



The software for data acquisition from Rigol DS1000Z and MSO/DS4000



► **Control Module** communicates with the oscilloscope to control various settings, including turning specific channels on and off, adjusting horizontal and vertical scale values, and capturing screenshots of the oscilloscope display. The backend for the control module is implemented using Django, which handles communication with the oscilloscope via Ethernet.

► **Visualization Module** fetches waveform data from the oscilloscope and displays it. The use of sockets ensures quick data transfer and updates, enhancing the reliability and responsiveness of the visualization module. Flask is used to handle socket connections for real-time data fetching, providing a reliable two-way communication channel between the oscilloscope and the application.

► **Data Archiving Module** is developed using Flask and Python, with PostgreSQL and Timescale DB for data storage. This module provides functionalities to save oscilloscope data to the database and retrieve it based on specified IP addresses, start times and end times.

The software for data acquisition from Rigol DS1000Z and MSO/DS4000

CR Scope 1 MSO4024

192.168.0.251
Status: Connected

Checked : 07-09-2024, 19:04:41

CH 4 ▾ CH 1 CH 2 CH 3 CH 4

- CH 1 _ Beam Gun
- CH 2 _ Gun electronics signal
- CH 3 _ Test name
- CH 4 _ Test name

Status: Not Archiving

Status: ACQ Stopped

Time Scale: 200 μ s

Channel	Scale
Channel 1	200 mV
Channel 2	5 V
Channel 3	5 V
Channel 4	5 V

CR Scope 2 DS1104

192.168.0.252
Status: Connected

Checked : 07-09-2024, 19:15:43

CH 2 ▾ CH 1 CH 2 CH 3 CH 4

- CH 1 _ Beam EP1
- CH 2 _ Beam EP1---BM2
- CH 3 _ Test name
- CH 4 _ Test name

Status: Not Archiving

Status: ACQ Stopped

Time Scale: 1 ms

Channel	Scale
Channel 1	20 V
Channel 2	N/A
Channel 3	20 V
Channel 4	2 V

Radiation safety system & Interlock and alarm system



Accelerator Control Room

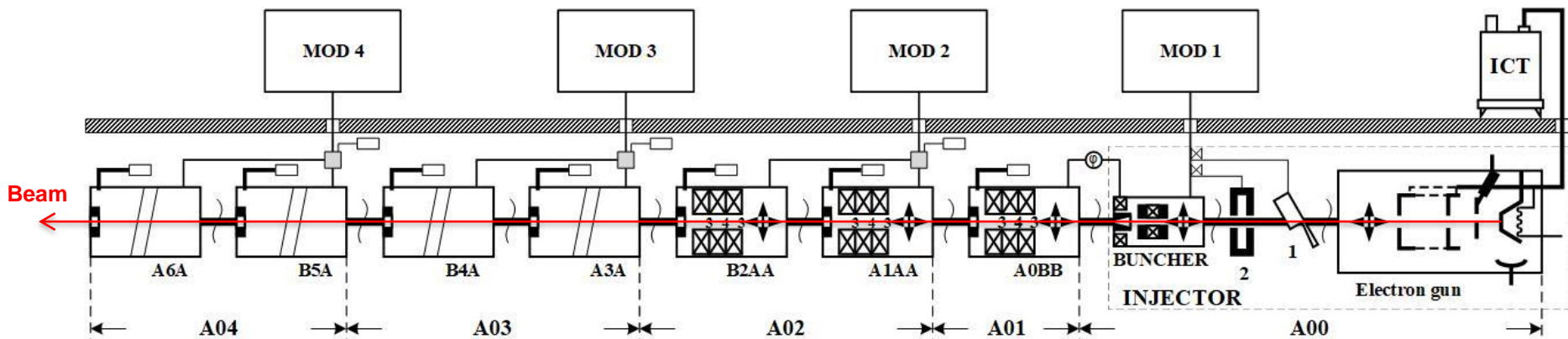


Rooms for Beam Users



Beam characteristics

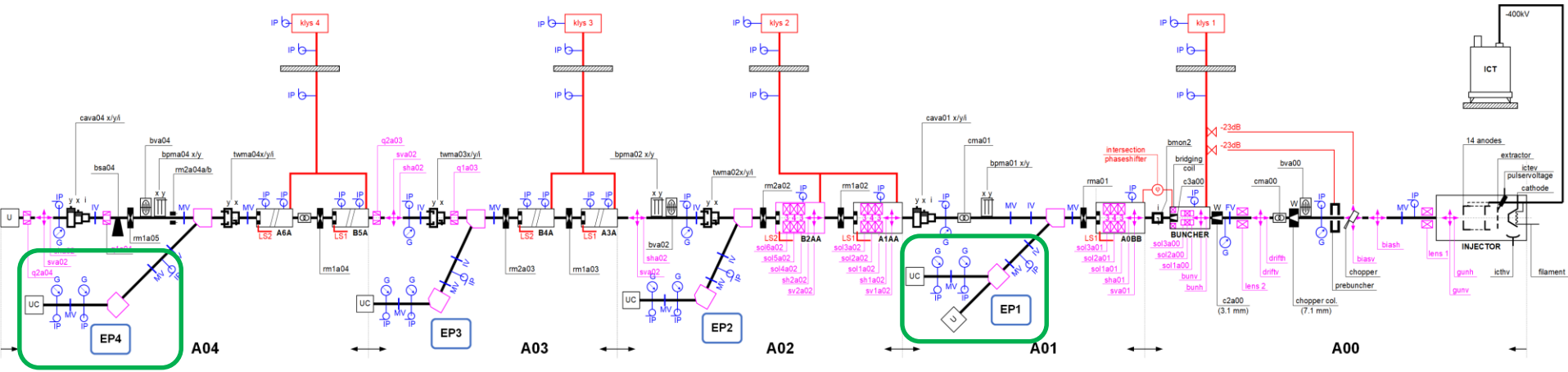
	EP1	EP2	EP3	EP4
Electron energy, MeV	5–25	25–60	60–130	130–200
Pulse duration, μs	0,2–3,5			
Max. pulse current, mA	80			
Pulse repetition rate, Hz	1–50	1–25		



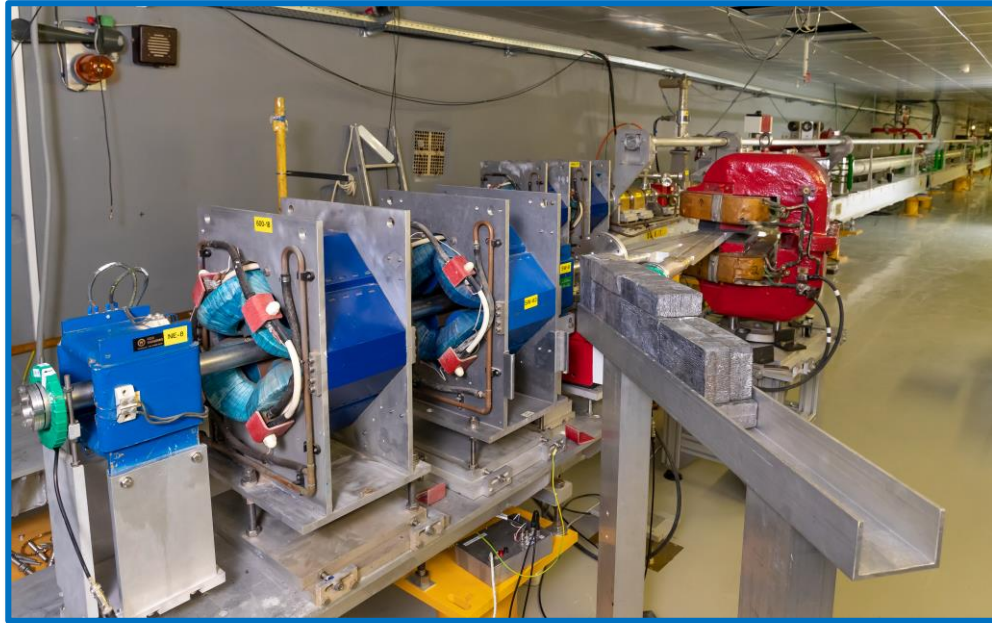
Beam characteristics

- Each pulse consists of a sequence of bunches with a duration of 1 ps and an interval between bunches of 350 ps
- Intensity from 10^2 to 10^{13} e⁻/s
- The transverse size of the extracted beam is ~1.5—5 mm
- Max. average current 5 μ A
- Possible to produce **photon** and **neutron** beams

Accelerator layout



Beam Extraction Points



Beam extraction point №4 (EP4)

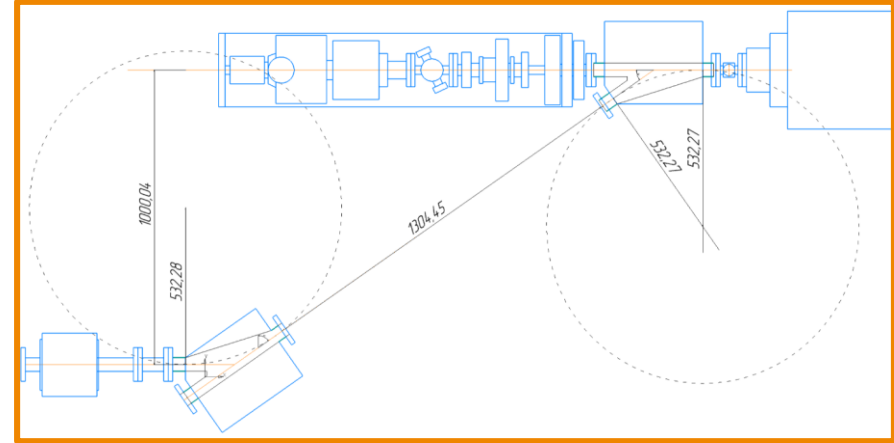


Beam extraction point №1 (EP1)

Beam Extraction Points

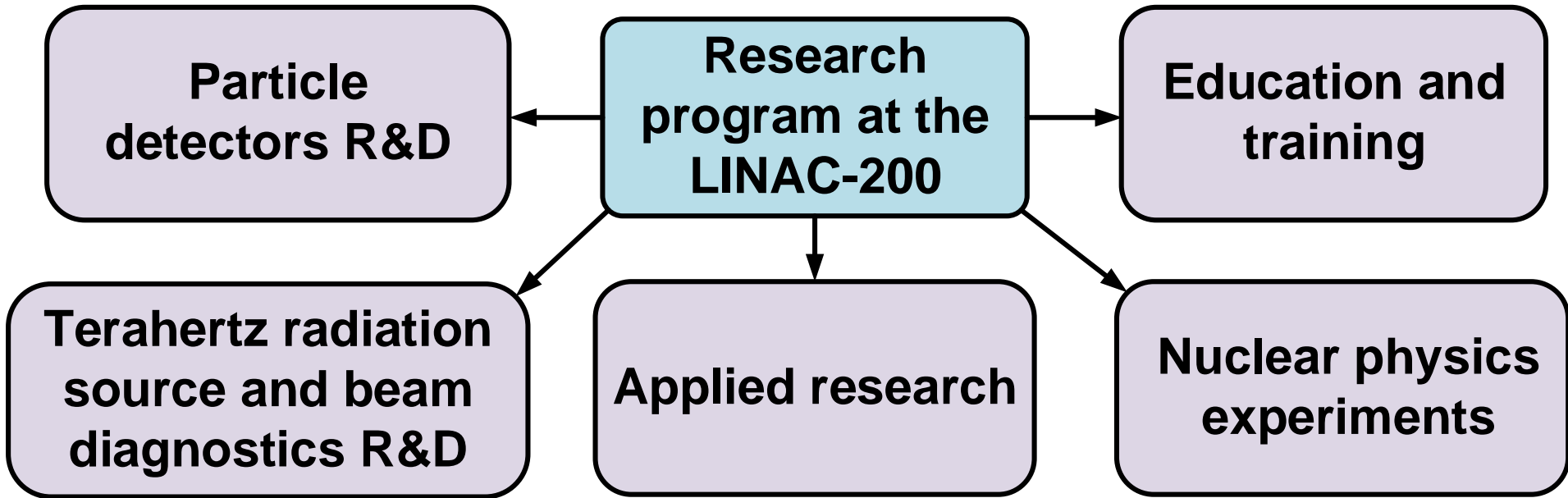


Beam extraction point №3 (EP3)



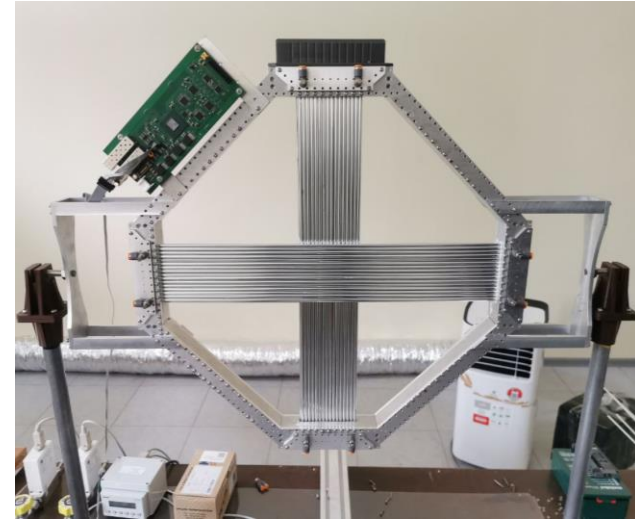
Beam extraction point №2 (EP2)

Research program



Particle detectors R&D

- Study of monolithic active pixel detectors (MAPS) Alpile, determination of their efficiency, spatial resolution, study of the mechanism of cluster formation
- Research and optimization of the prototype electromagnetic calorimeter of the SPD facility and its calibration in the range of 50-200 MeV
- Response study, determination of efficiency, spatial resolution of straw detectors for the SPD experiment
- Investigation of pulsed (up to 10,000 particles per 50 ns) loading of MCP-based detectors depending on the frequency of arrival of subsequent pulses
- Investigation of characteristics (efficiency, spatial resolution, maximum load) of bulk Micromegas gas detectors
- Study of the response of neutron pulse detectors, development of detectors for determining the fluence and energy spectrum of neutrons for dynamic neutronography and neutron resonance spectroscopy.

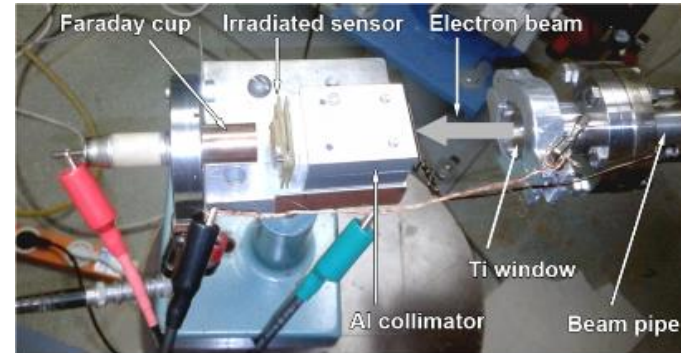


Drift straw chamber¹

1 – Volkov A., Evtoukhovich P., Kravchenko M., Kuno Y., Mihara S., Nishiguchi H., Pavlov A., Tsamalaizde Z. Properties of straw tubes for the tracking detector of the COMET experiment // Nucl. Instrum. Meth. A. — 2021. — V. 1004. — P. 165242.

Applied research

- Investigation of radiation hardness of GaAs and SiC semiconductors
- Irradiation of living organisms.
- Study of the possibility of irradiation with short pulses and development of appropriate methods of microdosimetry.
- Obtaining small quantities of radioisotopes for radiochemical research using gamma rays with an energy of 20–200 MeV, which complements the capabilities of the FLNR microtron
- Electronic radiography of fast processes in gases.
- Creation of a terahertz radiation source for radiobiological research



Test setup for radiation damage studies

Nuclear physics experiments

- Measurement of isotope yields and verification of nuclear models in the 20–200 MeV range
- Measurement of the cross section for the production of photoneutrons on various targets in the energy range of gamma rays 20–200 MeV
- Study of multiparticle photonuclear reactions

Education and training

The educational program includes the development of practical training at the LINAC-200 facility in the following areas:

- Accelerator physics and technologies (magnetic optics, RF technology, vacuum, automation control systems, beam diagnostics)
- Elementary particle detectors (study of the response of gas, scintillation and semiconductor detectors)
- Applied problems (radiation materials science, generation and registration of synchrotron and terahertz radiation)



Terahertz radiation source and beam diagnostics R&D

- Approbation of the method for measuring the position and shape of the charge density distribution of relativistic electron beams using a monitor based on the measurement of the characteristic X-ray radiation spectra.
- Study of the processes of passage of relativistic electrons through micro- and nano-capillaries, including those with a structure along the axis.
- Study of the diffraction mechanisms of radiation in the vacuum ultraviolet and soft X-ray regions under conditions of anomalous dispersion for diffracted photons
- Measuring the average length of micro-bunches and the length of the bunch chain using Vavilov-Cherenkov radiation in the diffraction mode
- Stimulation mode (stimulated emission) during generation of THz radiation
- Approbation of a method for measuring the transverse profile of an electron beam based on multi-angle scanning
- Measurement of the volumetric shape of the electron beam using multi-angle scanning.

FLAP Collaboration



Collaboration composition

- Founded in 2020 just before the pandemic;
- Spokes person: **Pavel Karataev (RHUL)**
- Coordinator: **Anton Baldine (JINR)**
- Accounts for **19** organizations from **7** countries



Signatures

The undersigned Parties declare that they agree on to the present Memorandum of Understanding for the FLAP Collaboration.

For JINR:

Prof. Dr. G. Trubnikov
Director

Date: _____

For the FLAP Collaboration:

Pavel Karataev
FLAP Collaboration Spokesperson

Date: 4.09.2025

Anton Baldin
FLAP Collaboration coordinator

Date: 01.09.2023

Memorandum of understanding for the FLAP collaboration at JINR

Future prospects

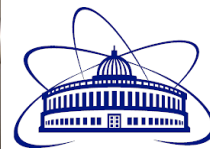
- Increasing the accelerator energy up to **400 MeV** – 2026
- In the future it is possible to increase the energy up to **800 MeV**



Conclusion

- The preparation of documentation for commissioning and then operation is nearing completion.
- In order to coordinate the research programs of beam users an **Organizational and Program Committee** is being established.
- Two beam extraction points (EP1, EP4) are available; EP3 – has been assembled and needs to be tested; EP2 – under development.
- The test beam facility will be open for particle detectors and beam diagnostics R&D, nuclear physics experiments, material irradiation, radiobiological and other studies.

Thank you for attention!



Joint Institute
for Nuclear Research
SCIENCE BRINGS NATIONS
TOGETHER





**Development of Scientific DLNP Infrastructure for Research
Using Semiconductor Detectors, laser Metrology, Electrons,
Positrons and Cryogenic Technology
08-2-1126-2015**

**Design and development of a test zone for methodological studies of
detectors at a linear electron accelerator LINAC-200 in the DLNP
08-2-1126-1-2024/2028**



Linear electron accelerator LINAC-200 as a core for a new test beam facility at DLNP JINR

Status report

Aleksei Trifonov (on behalf of LINAC-200 team)
Dzheleпов Laboratory of Nuclear Problems

Backup slides

Electron Gun

ElectronGunClient (on NF-29-116)

Reference Voltage

Filament Supply, mV	+	5	0	0	0	APPLY
Focusing Electrode, mV	+	2	0	0	0	APPLY
Extractor, mV	+	3	0	0	0	APPLY

Real Voltage

9.18 V

626.7 V

Real Current

4.779 A

OK. All errors reset. Coolers:1 - ON; 2 - OFF;

Gun

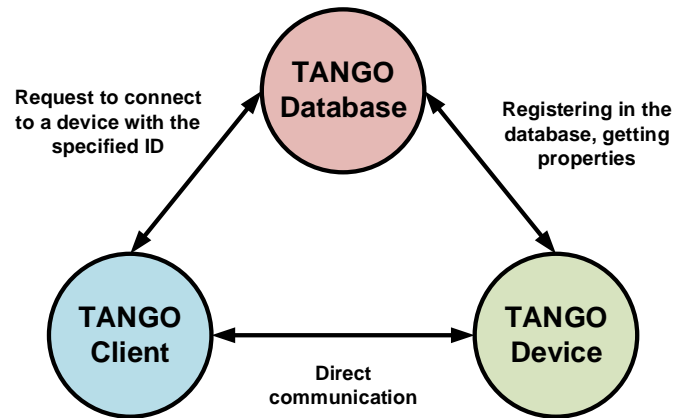
TANGIO Control System

Gun

- Class Properties
- Device Properties
 - Serial
- Commands
 - State
 - Status
 - SetVrefFS
 - SetVrefFE
 - SetVrefEP
 - CoolersStatus
- Scalar Attributes
 - VrefFS
 - VrefFE
 - VrefEP
 - VFS
 - IFS
 - VFE
 - Vboard
 - Pressure
 - Temperature
 - Cooler1
 - Cooler2
- Spectrum Attributes
- Image Attributes
- Forwarded Attributes
- Pipes
- States
 - RUNNING
 - FAULT

TANGO Controls — TANGO Database

- TANGO Database is used to store the system structure and configuration information for devices.
- Database interface is implemented as a special TANGO Device. Only **MySQL (MariaDB)** is supported.
- Each database has its own access point, which is determined by the **TANGO_HOST = host:port** environment variable.
- Several databases can operate simultaneously.



Solenoidal Focusing Magnets Power Supply Control



SP600Client

PS1 PS2 PS3 PS4 PS5 PS6

Output ON (press to turn off)

Set

U_{set} + $\begin{matrix} \uparrow & \uparrow & \uparrow & \uparrow & \uparrow \\ \mathbf{3} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{.} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \end{matrix}$ V

I_{set} + $\begin{matrix} \uparrow & \uparrow & \uparrow & \uparrow & \uparrow \\ \mathbf{1} & \mathbf{0} & \mathbf{.} & \mathbf{0} & \mathbf{0} \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \end{matrix}$ A

Meas

U_{meas} V

I_{meas} A

P_{meas} W

The device is in RUNNING state. Mode: CC

Historical background – DELSY project

AmPS - Amsterdam Pulse Stretcher
NIKHEF, Amsterdam, Netherlands

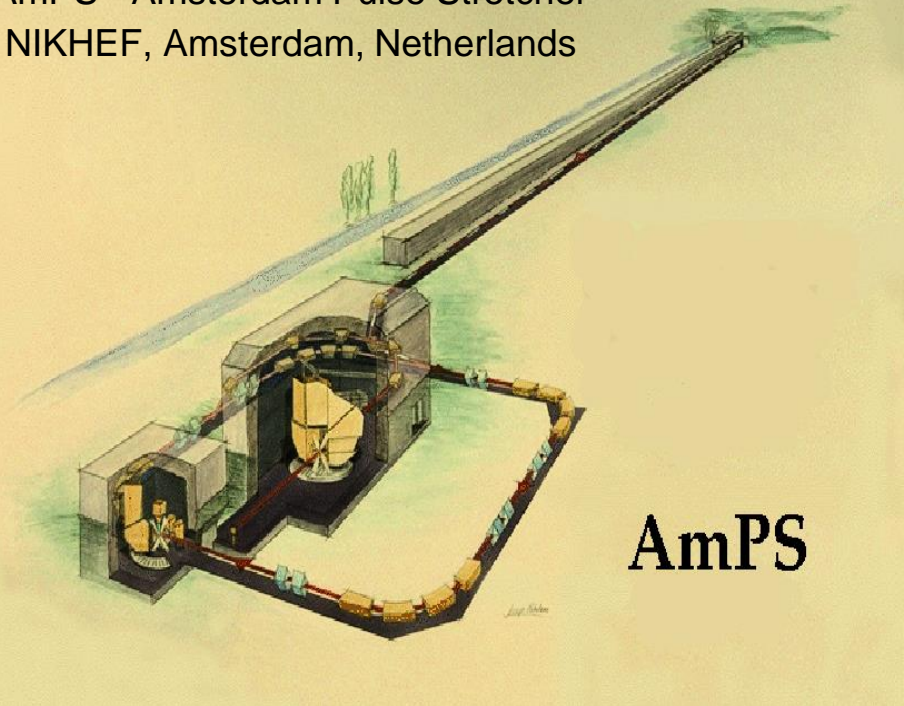
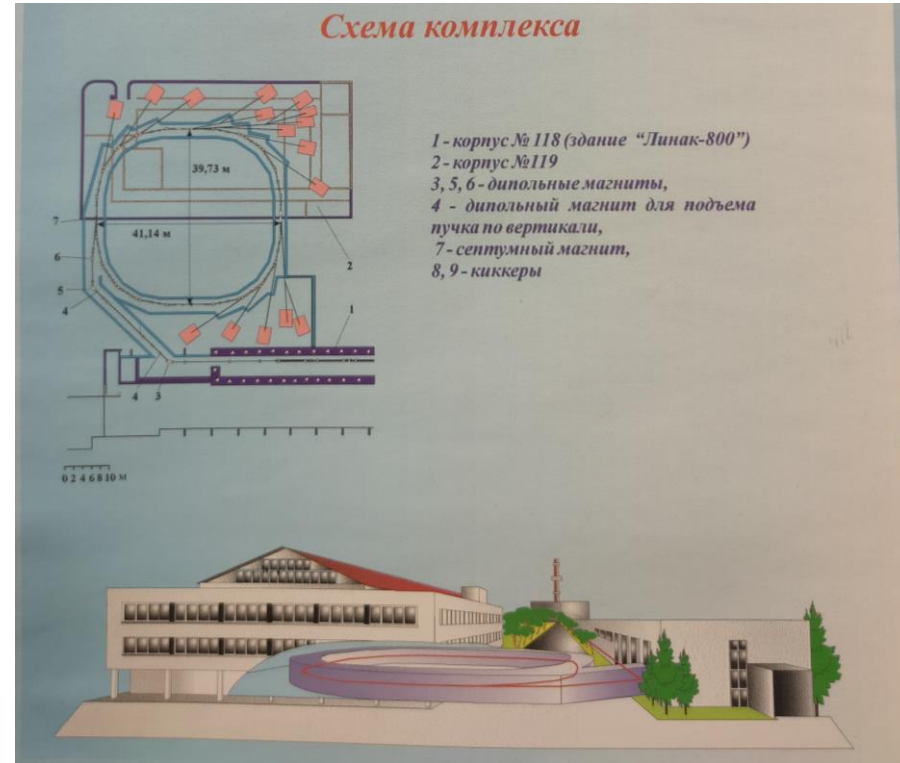


Схема комплекса



Ремонт в корпусе №118



Ремонт в корпусе №118



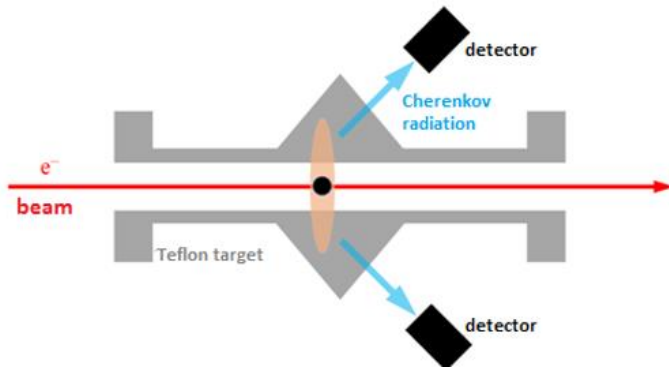
Ремонт в корпусе №118



Terahertz radiation source

Generation of coherent Cherenkov diffraction radiation in GHz and sub-THz ranges

Simplified scheme of experiment



Target model and photo of the target manufactured for experiments at LINAC-200.

