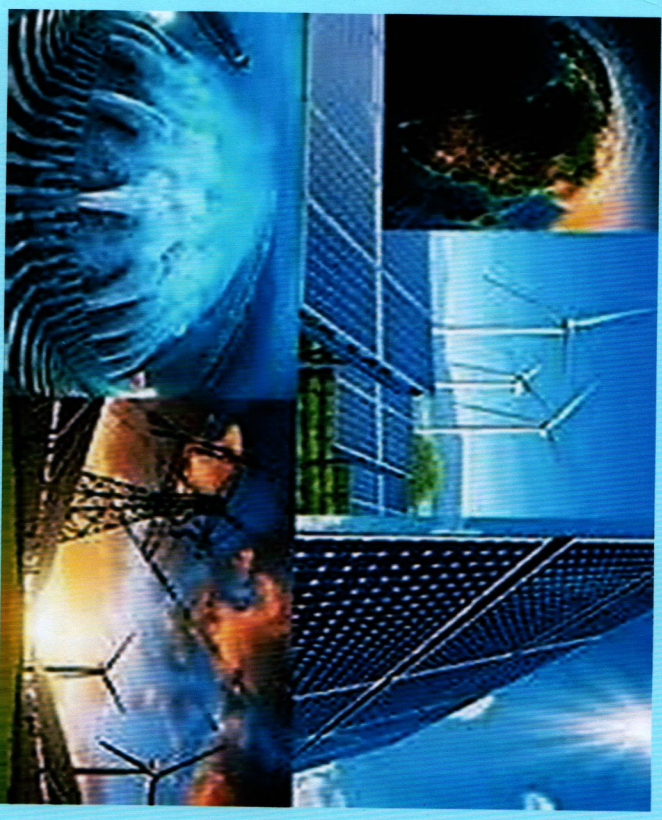


I.X. Siddikov

ELEKTR STANTSİYALAR VA PODSTANSİYALARNING ELEKTR QISMI / Darslik /



**TOSHKENT
2025**

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIV TA'LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI**

**"TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ XO'JALIGINI
MEKANIZATSIYALASH MUHANDISLARI INSTITUTI"
MILLIY TADQIQOT UNIVERSITETI**

I.X. Siddikov

ELEKTR STANTSİYALAR VA PODSTANSIYALARNING ELEKTR QISMI

/ DARSLIK /

5510200 - Elektr energetikasi ta'lim yo'nalishiga mo'ljallangan

**TOSHKENT
2025**

Ushbu darslik "TIQXMMI" - Milliy tadqiqot universiteti rektorining
2024 yil 28 noyabrda gi 349 a/f-sonli buyrug'i asosida nashr etishga
ruhsat berilgan.

7806



Ro'xatga olish raqami 349 a/f-078
ISBN 978-9910-8865-1-5

ANNOTATSIYA

Darslikda elektr ta'minoti tizimlari, elektr energiyani ishlab chiquvchi elektr stansiyalari va elektr energiyasini o'zgartiruvchi qurilmali elektr podstansiyalari, yuqori va past kuchlanishli elektr ta'minoti tizimlari va elektr energiyasini taqsimlash qurilmalari, elektr energiyasini o'zgartiruvchi kuch transformatorlari, qo'shib uzish va o'lov-o'zgartirish sinov jixozlari, turli ko'tinishdagi izolyatorlar va elektr tokini o'tkazuvchi simlar, shinalar, kabellar, elektr stansiyalar va podstansiyalarning o'zlarini energiya iste'mol qiluvchi qurilmalari, elektr qurilmalarning elektavtomatikasi (raqamli releliar) hamda yashin va chaqmoqdan himoyalalar, qisqa tutashuv tokini hisoblash usullari ko'rib chiqilgan.

АННОТАЦИЯ

В учебнике рассматриваются системы электроснабжения, электростанции, вырабатывающие электроэнергию, и электрические подстанции, преобразующие различные виды энергии в электричество, оборудование систем электроснабжения, распределительные устройства высокого и низкого напряжения, силовые и измерительные трансформаторы, преобразующие энергию, устройства для включения и выключения электрической энергии, изоляторы различного вида и электропровода, шины, мбелли, собственные нужды электростанций и электрических подстанций. Электроавтоматики (цифровые реле) и молниезащиты электроустановок, а также рассмотрены проблемы расчета короткого замыкания и выбора индичтных устройств.

ABSTRACT

The textbook includes power supply systems, power stations and transforming substations, the equipments of high-and low-voltage power supply systems and distribution devices, power and measure transformers, disconnection and metering test circuits, various view of insulators and current-conducting wires, cables, power plants and power substations and their control (digital equipments) and automation of electrical devices, lightning protection devices, short circuit problems and devices for their protection have been considered.

KIRISH

Jahonda elektr energetika tizimlarining uzluksiz va sifatli xizmat ko'rsatishlarini ta'minlashda ularning energiya ishlab chiqarish, uzatish va taqsimlash manbalarini va qurilmalarini o'rganish hamda kelajakda iste'mol uchun ishlab chiqilishi kerak bo'lgan elektr energiya quvvatini o'zgartiruvchi uskuna va jihozlarni ishlab chiqishga va takomillashtirish katta e'tibor qaratilmoqda. Ushbu yo'nalishda, jumladan elektr energiya ta'minoti manbalarini kattalik va diametrlarini monitoringi uchun axborot-o'lov vositalarini, texnik qurilmalar hamda dasturiy ta'minotlarini ishlab chiqish muhim masalalardan hisoblanadi. Ushbu yo'nalishda rivojlangan mamlakatlarda ham energiya ta'minoti manbalarini amonaviy turini tuzish muhim ahamiyat kasb etmoqda.

Elektr energetika tizimi qurilmalarini ishonchligini oshirishda elektr ta'minoti manbalarini avtomatlashtirilgan himoya, nazorat, monitoringi va avtomatlashtirish jihozlari, tuzilmalar va vositalarini takomillashtirishga qaratilgan ilmiy va amaliy tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Ushbu sohada, jumladan elektr energiya ta'minoti manbalarini avtomatlashtirilgan monitoringi uchun bir, ikki va uch fazali toklarni kuchlanishga o'zgartiruvchi qurilmasini yaratish, elektr tuzilma, jixoz va tarmoqlarni ishonchlik ko'rsatkichlarini oshirishga alohida e'tibor qaratilmoqda. Raqamli texnologiyalar, IT hamda sun'iy intellekt asosida elektr energiya ta'minoti manbalarini va elektr energiya iste'molini avtomatik monitoring tuzilmasini tuzish dolzarb masalalardan hisoblanmoqda.

Raqamli va axborot texnologiyalari asosida elektr energetik tizimlarni yanada takomillashtirishga, energiya ta'minot manbalarini va energiya iste'molini avtomatlashtirilgan nazorat, himoya va boshqarish tizimlarini ishlab chiqishga atutilgan keng qamrovli chora-tadbirlar amalga oshirilmoqda. O'zbekiston respublikasi Prezidentining 2023 yil 11 avgustidagi PF-158-son "O'zbekiston 2030" Strategiyasida "...iqtisodiyot, jamiyiy soha, boshqaruv tizimiga axborot-ommunikatsiya texnologiyalarini joriy etish,... energiya va resurslar sarfini kamaytirish,... ishlab chiqarishga energiya tejaydigan texnologiyalarni keng joriy qilish" kabi vazifalar belgilangan.

Taqrizchilar: TATU, «Malumotlar uzatish tizimlari» kafedrası mudiri, PhD, dotsent **Xasanov D.T.**

TIQXMMI MTU, «Texnologik jarayonlarni boshqarish» kafedrası professor, texnika fanlar doktori, professor **Ismailov M.A.**

I.X. Siddikov

/ Elektr stantsiyalar va podstantsiyalarning elektr qismi /

Darslik. -T.: "TIQXMMI" MTU, 2025. 298 bet

© "TOSHKENT IRRIGATSIYA VA QISHLOQ XO'JALIGINI
MEKANIZATSIYALASH MUHANDISLARI INSTITUTI"
MILLIY TADQIQOT UNIVERSITETI ("TIQXMMI" MTU), 2025

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017-yil 7-fevraldagi PF-4947-son "O'zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo'yicha Harakatlar strategiyasi to'g'risida"gi farmoni, 2019-yil 27-martdagi PQ-4249-son "O'zbekiston Respublikasida elektr energetika tarmog'ini yanada rivojlantirish va isloh qilish strategiyasi to'g'risida"gi, 2019-yil 22-avgustdagi PQ-4422-son "Iqtisodiyot tarmoqlari va ijtimoiy sohaning energiya samaradorligini oshirish, energiya tejovchi texnologiyalarni joriy etish va qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirishning tezkor chora-tadbirlari to'g'risida"gi, 2019-yil 4-oktyabrda PQ-4477-son "2019 - 2030-yillar davrida O'zbekiston Respublikasining "Yashil iqtisodiyotga o'tish strategiyasini tasdiqlash to'g'risida"gi, 2020-yil 10-iyulda PQ-4779-son "Iqtisodiyotning energiya samaradorligini oshirish va mavjud resurslarni jalb etish orqali iqtisodiyot tarmoqlarining yoqilg'i-energetika mahsulotlariga qaramligini kamaytirishga doir qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida"gi qarorlari, Vazirlar Mahkamasining 2020-yil 23-iyulda 452-son "Qayta tiklanuvchi energiya manbalari qurilmalarining va ulardan ishlab chiqariladigan energiya davlat hisobini yuritish chora-tadbirlari to'g'risida"gi qarori, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-son "2022-2026 yillarga mo'ljallangan yangi O'zbekistonning Taraqqiyot Strategiyasi to'g'risida"gi Farmoni va mazkur faoliyatga tegishli me'yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishda darslik muayyan darajada xizmat qiladi.

Darslik ushbu nomdagi fan dasturi talablariga binoan tayyorlangan bo'lib, unda elektr energiya ishlab chiqarish va elektr ta'minoti tizimlari, elektr energiyasini o'g'artiruvchi kuch va o'chov transformatorlari, qo'shib uzish va o'chov (kommutatsiyalovchi) va elektr toki o'tkazgich simlari, shinalari, kbellari, releli himoyasi muammolari tahlil etilgan [1]. Mazkur darslik elektr energetika sohasi mutaxassislari, olimlari bilan bir qatorda universitetlar magistratlari, bakalavr talabalarini zamonaviy o'qitish texnologiyalari asosida bilim olishiga va raqamli texnologiyasidan keng asosda foydalanishiga yetarlicha imkoniyatlarni ta'minlaydi.

1. HOB. ELEKTR ENERGIYASINI ISHLAB CHIQARISH QURILMALARI, UZATISH TARMOQLARI VA PODSTANTSİYALARI

1.1. Elektr energiyasini ishlab chiqarish qurilmalari, uzatish tarmoqlari va tizimlarining xususiyatlari

"Elektr stantsiyalar va podstantsiyalarning elektr qismi" nomli fan ma'lumotlarini tahlil va tadqiq qilishda, darsliklar, kitoblar, ma'lumotlar bazasi va internet materiallaridan umumiy foydalanishda adabiyotlar ro'yxatida keltirilgan asosiy ma'lumotlar hamda axborotlarni o'rganish tavsiya etiladi [1-3].

Ish sharoitlari va rejimlarini (holatlari) bir xilligi hamda bir davrda kechishi, yoqilg'i energetikasi majmuasida energiyalarni ishlab chiqarish, uzatish, taqsimlash va iste'molning uzluksizligi bo'yicha yaxlit bo'lgan va bog'langan asosda elektr energiyasini ishlab chiquvchi elektr stantsiyalar, elektr podstantsiyalar, elektr energiyasini uzatish liniyalari-yo'llari va tarmoqlari to'plami energetik tizim deb nomlanadi [9,10-12].

Energetik tizimning elektr qismi – **elektr energetik tizim** deb ataladi va u elektr energiyasi ishlab chiquvchi elektr stantsiyadagi sinxron va asinxron ishlovchi elektr mashinalar - generatorlar, elektr energiyasini taqsimlovchi jixozlar, turilmalar va uskunalari, elektr energiyasini kuchlanishini o'zgartiruvchi kuch transformatorlari, elektr energiyasini uzatish liniyalari-yo'llari, elektr energiyasini o'zgartirish podstantsiyalari, elektr tarmoqlari va elektr energiya iste'molchilaridan iborat bo'ladi [2].

Elektr energiyasini uzatish tarmog'i-liniyalari elektr energetik tizim bo'limidir. Ular elektr energiyani uzatuvchi, taqsimlovchi podstantsiyalar va havo kabel orqali elektr energiyasini uzatish yo'llari-liniyalardan tashkil topgan. Elektr energiyasini uzatish tarmoqlari ma'lum bir xuddagi podstantsiyalar, elektr uzatgichlar va taqsimlagichlarni boshqarish va himoyalash jixozlarini o'z ichiga oladi hamda elektr qurilmalarining to'plami hisoblanadi.

Elektr energiyasini uzatish tarmog'i-liniyalari elektr energiyasini taqsimlovchi podstantsiyalar va birlashtiruvchi havo va kabel elektr energiya uzatish liniyalari o'rtalaridan tashkil topadi.

Elektr energetik qurilma – elektr energiyasini ishlab chiqariladi. Elektr energiyasini bir turdan, masalan: vaqt bo'yicha kattalik va yo'nalishini o'zgartiruvchi o'zgaruvchan qiymatli tokdan, ikkinchi turga, ya'ni vaqt bo'yicha

MUNDARIJA

Kirish.....	9
I BOB. ELEKTR ENERGIYASINI ISHLAB CHIQARISH QURILMALARI, UZATISH TARMOQLARI VA PODSTANSIYALARI	9
1.1. Elektr energiyasini ishlab chiqarish qurilmalari, uzatish tarmoqlari va tizimlarining xususiyatlari.....	9
1.2. Elektr stansiyalari va podstansiyalar tuzilishlari.....	17
1.3. Sinxron generatorlarni boshqarish va sinxron kompensatorlar.....	24
1.4. O'zgaruvchan va o'zgarmas tokli stansiya va podstansiyalarning elektr qismi.....	32
2 BOB. ELEKTR PODSTANSIYALARNING TOK O'ZGARTGICHLARI	38
2.1. Elektr podstansiyalarning xususiyatlari.....	38
2.2. Kuch transformatorlari xususiyatlari.....	43
2.3. Kuch transformatorlarini tuzilishi.....	52
3 BOB. YUQORI KUCHLANISHLI KOMMUTATSIYA VA O'LCHOV JIXOZLARI	56
3.1. Yuqori kuchlanishli taqsimlash qurilmalarining xususiyatlari.....	56
3.2. Yuqori kuchlanishli yo'p'iq va ochiq taqsimlash qurilmalari.....	57
3.3. Yuqori kuchlanishli va o'zgaruvchan toki uzgichlari.....	64
3.4. Havoli uzgichlar.....	68
3.5. Moyli uzgichlar.....	71
3.6. Vakuumli uzgichlar.....	75
3.7. Elegazli uzgichlar.....	80
3.8. Elektromagnit uzgichlar.....	81
3.9. Ayrakich, bo'lgich va qisqa tutashitgichlar.....	81
3.10. Eruvchan saqlagichlar.....	89
3.11. Elektr yoyini o'chirish.....	92
3.12. Reaktorlar.....	95
3.13. Kuchlanish o'lchov transformatorlari.....	100
3.14. O'lchov tok transformatorlari.....	106
3.15. Elektr stansiyalar va podstansiyalarda qurilmalarni va jixozlarni yerlashning xususiyatlari.....	108
4 BOB. IZOLYATORLAR VA TOK O'TKAZISH YO'LLARI	108
4.1. Ichki va tashqi izolyasiya.....	108
4.2. Izolyatorlarning asosiy turlari.....	114
4.3. Tok o'tkazuvchi shinalar.....	119
4.4. Yuqori kuchlanishli kabellar.....	123
5 BOB. PAST KUCHLANISHLI KOMMUTATSIALOVCHI JIXOZLAR	125
5.1. Elektr energiyasini taqsimlovchi qurilmalar.....	125
5.2. Eruvchan saqlagichlar, bo'lgichlar va uzgichlar.....	128
3. Avtomatlar, kontaktorlar va magnit ishga tushirgich.....	132
4. Operativ elektr jixozlarning kontaktlari.....	137
BOB. QISQA TUTASHUVLAR	141
1. Qisqa tutashuvlarning xavfi.....	141
2. O'ta kuchlanish.....	143
3. Elektr qurilmalarda qisqa tutashuv.....	149
4. Qisqa tutashuv to'kining termik ta'siri.....	155
BOB. ELEKTR STANSIYALAR VA PODSTANSIYALARDA O'LLANILUVCHI HIMOYALAR VA AVTOMATIKA	163
1. Elektr stansiyalar va podstansiyalarni releli himoyalash va avtomatikasi xususiyatlari.....	163
2. Elektr stansiyalar va podstansiyalarda qo'llaniluvchi tokli himoyalar.....	171
3. Qurilmalarni yerga tutashuvdan himoyasi. Yerga tutashuvdan moyaning ishlash tamoyili.....	183
4. Izolyatsiyani nazorat qilish qurilmasi.....	185
5. Yerga tutashgan qurilmalarni aniqlash himoyasi.....	186
6. Differensial tok himoyasi.....	192
7. Elektr energiyasini ishlab chiqarish va undan foydalanish jarayonlarini noma'tashitirishning umumiy tushunchalari.....	199
8. Elektrstansiya gidro va turbogeneratorlarini avtomatik boshqarish.....	217
BOB. ELEKTR STANSIYA VA PODSTANSIYALARNING O'Z XTIYOJ QURILMALARI ENERGIYA IST'EMOLI	238
1. Elektr stansiya va podstansiyalarning o'z xtiyoj qurilmalari energiya t'emoli xususiyatlari.....	238
2. O'z xtiyoj transformatorlari.....	242
3. Podstansiya akkumulyator batareyalari.....	243
4. Zaryadlash va nimzaryadlash qurilmalari.....	250
5. O'z xtiyoj elektr ta'minot sxemalari.....	253
6. Podstansiyalarni yashindan himoyalash.....	255
lossariy.....	260
larni va sxemalarda qo'llaniladigan sharti belgilar.....	264
oydalanilgan adabiyotlar.....	268
angli ilovalar.....	270
uallif haqida qisqacha ma'lumot.....	298

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	7
Глава I. Электрические сети и подстанции	9
1.1. Электрические сети и системы	9
1.2. Электрические станции и подстанции	17
1.3. Управление синхронными генераторами и синхронные компенсаторы	24
1.4. Подстанции переменного и постоянного тока	32
Глава II. Токовые преобразователи подстанций	38
2.1. Схемы подстанций	38
2.2. Трансформаторы	43
2.3. Силовые трансформаторы	52
Глава III. Высоковольтные коммутационные и измерительные аппаратура	56
3.1. Высоковольтные распределительные устройства	56
3.2. Высоковольтные выключатели переменного тока	57
3.3. Высоковольтные переключатели переменного тока	64
3.4. Воздушные выключатели	68
3.5. Масляные выключатели	71
3.6. Вакуумные выключатели	75
3.7. Элегазовые выключатели	80
3.8. Электромагнитные выключатели	81
3.9. Разъединители, отделители, и короткозамыкатели	81
3.10. Плавкие предохранители	89
3.11. Иашение электрической дуги	92
3.12. Реакторы	95
3.13. Измерительные трансформаторы напряжения	100
3.14. Измерительные трансформаторы тока	100
3.15. Особенности заземления приборов и оборудования на электростанциях и подстанциях	106
Глава IV. Изоляторы и токопроводящие линии	108
4.1. Внутренняя и наружная изоляция	108
4.2. Основные типы изоляторов	114
4.3. Токопроводящие шины	119
4.4. Высоковольтные кабели	123
Глава V. Низковольтные коммутационные аппаратуры	125
5.1. Распределительные пункты	125
5.2. Предохранители, рубильники и выключатели	128
5.3. Автоматы, контакторы и магнитные пускатели	132
5.4. Контакты оперативных аппаратов	137
Глава VI. Короткие замыкания в электрических системах	141
6.1. Опасность короткого замыкания	141

6.2. Перенапряжения в воздушных линиях электропередач	143
6.3. Короткие замыкания в системах электроснабжения	149
6.4. Термическое воздействие токов короткого замыкания	155
Глава VII. Релейная защита и автоматика	163
7.1. Релейная защита и автоматика	163
7.2. Реле и оперативные источники тока	171
7.3. Токовая защита	183
7.4. Дифференциальная защита	185
7.5. Защита силовых трансформаторов и автотрансформаторов	186
7.6. Защита электрооборудований подстанций	192
7.7. Микропроцессорные управления в подстанциях	199
7.8. Автоматическое управление гидро- и турбогенераторами электростанций	217
Глава VIII. Собственное питание станции и подстанций	238
8.1. Собственное энергопитание подстанций	238
8.2. Трансформаторы собственного питания	242
8.3. Аккумуляторные батареи подстанций	243
8.4. Устройства зарядки и подзарядки	250
8.5. Схемы энергоснабжения собственного потребления	253
8.6. Розоазащита подстанций	255
Глоссарий	260
Использованная литература	268
Цветные приложения	270
Сведения об авторах	298

TABLE OF CONTENTS

Introduction	7	6.4. Thermal effects of short-circuit currents	155
Chapter I. Electrical networks and substation	9	Chapter VII. Relay protection and automation	163
1.1. Electrical networks and systems	9	7.1. Relay protection and automation	163
1.2. Electrical stations and substations	17	7.2. Relays and operational current sources	171
1.3. Control of synchronous generators and synchronous compensators	24	7.3. Current protection	183
1.4. Substations alternating and direct current	32	7.4. Differential protection	185
Chapter II. Current converters of substations	38	7.5. Protection of power transformers and autotransformers	186
2.1. Dancng schemes	38	7.6. Protection of electrical equipment of substations	192
2.2. Transformers	38	Microprocessor controls in substations	199
2.3. Power transformers	43	7.8. Automatic control of hydro- and turbogenerators of power plants	217
Chapter III. High-voltage switching and measuring equipment	52	Chapter VIII. Own power supply of the station and substations	238
3.1. High-voltage switchgear	56	8.1. Own power supply of substations	238
3.2. High-voltage AC switches	56	8.2. Self-powered transformers	242
3.3. High voltage switches variable current	57	8.3. Storage batteries and substations	243
3.4. Air circuit breakers	64	8.4. Charging and recharging devices	250
3.5. Oil switches	68	8.5. Schemes of energy supply for own consumption	253
3.6. Vacuum switches	71	8.6. Lightning protection for substation	255
3.7. SF6 circuit breakers	75	Glossary	260
3.8. Electromagnetic switches	80	References	268
3.9. Disconnectors, isolators, and short-circuiters	81	Colored applications	270
3.10. Fuses	89	About the Authors	298
3.11. Extinguishing an electric arc	92		
3.12. Reactors	95		
3.13. Measuring voltage transformers	100		
3.14. Current measuring transformers			
3.15. Features of grounding of devices and equipment at power plants and substations	106		
Chapter IV. Insulators and current-carrying devices lines	108		
4.1. Internal and external insulation	108		
4.2. Main types and insulators	114		
4.3. Current conducting buses	119		
4.4 High-voltage cables	123		
Chapter V. Low-voltage switching equipment	125		
5.1. Distribution points	125		
5.2. Fuses, switch and And switches	128		
5.3. Automatic machines, contactors and magnetic starters	132		
5.4. Operational contacts devices	137		
Chapter VI. Short circuits in electrical systems	141		
6.1. Short circuit hazard	141		
6.2. Overvoltage in overhead power lines	143		
6.3. Short circuits in power supply systems	149		

«Elektr stantsiya va podstantsiyalarning elektr qismi»

darslik muallifi to'g'risida qisqacha ma'lumot.

1. Siddikov Iloxomjon Xakimovich

-Tug'ilgan yili va joyi: 10.06.1959 yil, Andijon viloyati.

-Ilmiy darajasi va unvoni: texnika fanlar doktori, professor.

-Ish joyi: Milliy tadqiqot universiteti «Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash instituti» "Elektr ta'minoti va qayta tiklanuvchan energiya manbalari" kafedrasi, professor.

-Tugatgan OO'Yui: Toshkent politexnika instituti, davlat texnik universiteti, Energetika fakulteti. -Ish staji: 43 yil, Pedstaji: 43 yil.

-Uy adresi: Toshkent shaxri, 100149, Qorag'omish massivi - 2/4, 28 uy, 19 xonadon. Telefon: 229 66 51, Mobil telefon: 95 930 77 37.

-ID-card AD №2174718, berilgan Toshkent shaxri, Olmazor IIIB, 14 dekabr 2022 yil.

Siddikov Iloxomjon Xakimovich

ELEKTR STANTSİYALAR VA PODSTANSİYALARNING ELEKTR QISMI

/ DARSLIK /

Muharrir: M. Mustafayeva

Bosishga ruxsat etildi: 28.11.2024 y. Qog'oz o'lchami: 60x84 - 1/16
Hajmi: 18,75 bosma taboq. 50 nusxa. Buyurtma № 0088
"TIQXMMIT" MTU boshqaruvida chop etildi.
Toshkent-100000, Qori-Niyoziy ko'chasi 39 uy.



I.X. Siddikov

/ Elektr stantsiyalar va podstantsiyalarning
elektr qismi /

/ Darslik /

