

## РАҚАМИКУНОНИИ ЗЕРИСТГОҲИ БАРҚӢ БО ИСТИФОДАИ ТЕХНОЛОГИЯҲОИ МУОСИР

<sup>1</sup>М.М. Воҳидов, <sup>2</sup>Ғ.Х. Мачидов

<sup>1</sup>Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ

<sup>2</sup>ҶСК “Шабақаҳои тақсимоти барқ”

Дар мақола афзалиятҳои рақамикунонӣ ҳамчун самти ояндадор дар соҳаи электроэнергетика баён шудааст. Хусусиятҳои хоси кори шабақаҳои барқӣ ва унсурҳои онҳо бо истифода аз технологияҳои «Smart Grid» мавриди баррасӣ қарор мегиранд. Таҳлили кори унсури асосии шабақа - зеристгоҳи барқии рақамӣ - ба таври муфассал пешниҳод мешавад, ки дар он сохтор ва равандҳои идоракунии таҷҳизоти таркибӣ мавриди тавачҷуҳ қарор гирифтааст. Гузариш ба технологияҳои рақамӣ яке аз самтҳои асосии ояндадори рушди энергетикаи муосир ба шумор рафта, рақамикунонии зеристгоҳҳои барқӣ имкони баланд бардоштани эътимоднокӣ, беҳтаркунии сифати нерӯи барқи додешаванда, таъмини бартарарафсозии фаврии ҳолатҳои садамавӣ ва муносибгардонии хароҷоти истифодабариро фароҳам меорад. Автоматикунони паҳншуда, мониторинги фосолавии низом дар маҷмӯъ ва идоракунии ягонаи ҳамаи ҷузъҳои он — ин дар умум бо гузариш ба низоми зеҳнии идоракунӣ, ки бар асоси платформаи кушодаи додаҳо фаъолият мекунад, имконпазир мегардад.

**Калидвожаҳо:** рақамикунонии зеристгоҳҳои барқӣ, технологияҳои рақамӣ, шабақаи электрикӣ, зеристгоҳи барқӣ, трансформатор, эътимоднокӣ, сарфакорӣ.

## ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПОНИЗИТЕЛЬНОЙ ПОДСТАНЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

М.М. Воҳидов, Г.Х. Маджидов

В статье изложены преимущества цифровизации как перспективного направления в электроэнергетике. Рассмотрены особенности работы электрических сетей и их элементов с использованием технологий «Smart Grid». Представлен детальный анализ работы основного элемента сети – цифровой электрической подстанции, в котором особое внимание уделено структуре и процессам управления составляющим оборудованием. Переход к цифровым технологиям является одним из главных перспективных направлений развития современной энергетики, а цифровизация электрических подстанций позволяет повысить надежность, улучшить качество поставляемой электроэнергии, обеспечить оперативное устранение аварийных ситуаций и оптимизировать эксплуатационные расходы. Распределенная автоматизация, дистанционный мониторинг системы в целом и унифицированное управление всеми ее компонентами – все это возможно в целом при переходе к интеллектуальной системе управления, работающей на основе открытой платформы данных.

**Ключевые слова:** цифровизация понизительных подстанций, цифровые технологии, электрическая сеть, подстанция, трансформатор, надежность, энергоэффективность.

## DIGITALIZATION OF A TRANSFORMER SUBSTATION USING MODERN TECHNOLOGIES

M.M. Vohidov, G.Kh. Madjidov

This article outlines the advantages of digitalization as a promising area in the electric power industry. It examines the operational characteristics of electrical networks and their components using Smart Grid technologies. A detailed analysis of the operation of the network's core element—the digital electrical substation—is presented, with particular attention to the structure and control processes of its component equipment. The transition to digital technologies is one of the key promising areas for the development of the modern energy sector, and the digitalization of electrical substations allows for increased reliability, improved power quality, prompt emergency response, and optimized operating costs. Distributed automation, remote monitoring of the entire system, and unified management of all its components are all possible with the transition to an intelligent control system operating on an open data platform.

**Keywords:** digitalization of transformer substations, digital technologies, electrical network, substation, transformer, reliability, energy efficiency.

## Муқаддима

Суръати баланди рушди шаҳрҳо, афзоиши зичии аҳоли, истифодаи таҷҳизоти муосири коммуналию маишӣ, инчунин зиёд шудани истифодабарандагони нерӯи барқ талаботҳои зиёдро ба системаҳои электротәъминкунӣ оварда мерасонад [1]. Бояд қайд намуд, ки дар шаҳри Душанбе низ талабот оид ба нерӯи барқ сол аз сол афзуда истодааст. Таҳлилҳо нишон медиҳад, ки дар умум, сатҳи миёнаи истеъмоли нерӯи барқ дар Ҷумҳурии Тоҷикистон то соли 2025 қариб ду маротиба аз нишондиҳандаҳои аввали солҳои 2000-ум зиёд шудааст [2]. Бинобар ин дар шароити фарсуда гардидани трансформаторҳо, ноқилҳои электрикӣ ва дигар таҷҳизот нигоҳ доштани масъалаи эътимоднокӣ ва устувории системаҳои барқтәъминкунӣ аҳамияти хосса пайдо мекунад [3]. Аз ҳамин

лихоз, кори боэътимоди шабакаи электротаъминкунӣ, пешгирии қатъшавиҳои технологӣ ва низоми мунтазами таъмини барқ мониторинги назорати доимии дастгоҳҳо талаб мекунад [4].

Имрӯз соҳаи энергетика марҳилаи тағйирёбии рақамиро таҷриба мекунад, ки ба баланд бардоштани эътимоднокӣ, самаранокӣ ва идорашавии низоми энергетикӣ ва инчунин ба коҳиш додани талафоти нерӯи барқ равона шудааст. Рақамикунонии зеристгоҳҳои барқӣ, ки дар пояи истифодаи технологияҳои муосири иттилоотӣ қарор дорад, роҳи боэътимоди ҳалли мушкилоти мавҷуда ба ҳисоб меравад [5-6]. Ҳадафҳои асосии рақамикунонии зеристгоҳҳои барқӣ аз баланд бардоштани эътимоднокии таъминоти барқ, коҳиши хароҷоти истифодабарӣ ва вақти хизматрасонӣ, вусъат бахшидан ба ташхис ва бартарафсозии ҳолатҳои фавқулода, баланд бардоштани саҳеҳияти ченкуниҳо ва дараҷаи идорашавии таҷҳизот, ташкили муҳити ягонаи рақамӣ барои ҳамгирӣ бо системаҳои муосири рақамикунонӣ ба монанди SCADA, системаи идоракунии автоматии зеристгоҳи трансформаторӣ (САИ ЗТ), «Smart Grid», кам кардани талафоти иқтисодӣ ва техникӣ энергия тавассути назорати сарбории шабакаҳо ва коҳиши назарраси талафоти тиҷоратӣ (ноқисии ҳисоб, худсарона ва ғайри қонунӣ истифодаи нерӯи барқ) иборат мебошад [7-10].

Шабакаҳои барқӣ одатан иншоотҳои чамъиятӣ, биноҳои истиқоматӣ ва корхонаҳои саноатиرو бо нерӯи барқ таъмин мекунад. Дар шароити кунунӣ, таҷҳизоти аънавии энергетикӣ ба талаботи нави иқтисодӣ (талаботҳои ҷаҳони муосир) ва технологӣ қисман ҷавобгӯ нест.

Рақамикунонии зеристгоҳҳои барқӣ имрӯз дар ҷаҳони муосир бо як равиши муайян дар амал татбиқ шуда истодааст. Аз он ҷумла дар Федератсияи Россия, Ҷумҳурии мардумии Чин, Ҷумҳурии Қазоқистон ва Иттиҳоди давлатҳои Аврупо дар рушди тараққӣ мебошанд [6, 11].

### **Маводҳо барои омӯзиши кор**

Дар кори мазкур озмоиши раванди рақамикунонӣ дар зеристгоҳи барқии «Академикҳо» 110/35/10 кВ-и шаҳри Душанбе гузаронида шудааст. Пеш аз он, ки ба рақамикунонии зеристгоҳи барқӣ гузарем, аввал бояд схемаи вучуддоштаи зеристгоҳи барқиро бо дастгоҳу таҷҳизотҳои воқеӣ таҳлил намоем.

Зеристгоҳи барқии трансформатории «Академикҳо» бо шиддати 110/35/10 кВ, дар маҳаллаи 7-уми Тепаҳои Шарқии ноҳияи Шоҳмансур ҷойгир аст. Зеристгоҳи барқии мазкур соли 1975 бо ду адад трансформатори қудратии 16000 кВА ба истифода дода шудааст. Масоҳати умумии зеристгоҳ 2,09 гектарро ташкил медиҳад.

Зеристгоҳи барқӣ аз ду хати ҳавоии интиқоли нерӯи барқӣ шиддати 110 кВ, бо рақамҳои танзимгарии Л-ОВ ва Л-ОВС қувва мегирад.

Соли 2014 баъди таҷдид ва азнавсозӣ дар тарафи дастгоҳҳои тақсимоти кушодаи 110 кВ (ОРУ-110 кВ) ду трансформатори қуввагии навъи ТДТН-25000/110/35/10 кВА насб карда шуданд:

Бахшҳои 110 кВ тавассути ҷудокунакҳои (разъединители) намуди РНДЗ-1 ва таҷҳизоти элегазии комбинатсияи муосир пайваст карда шудаанд. Зеристгоҳи барқӣ бо маҳдудкунандаи фузуншиддати ОПН-110 кВ, шаш трансформатори ҷараёни навъи ЭМЭК-150/5, инчунин шаш трансформатори шиддати навъи ТИД-110 кВ мучаҳҳаз мебошад.

Дар тарафи дастгоҳҳои тақсимоти кушодаи 35 кВ ду таҷҳизоти тақсимоти бр васлаҳои рағғани навъи С-35 кВ ва ду васлаки вакуумии намуди ЕАЕ насб шудаанд. Ба хати интиқоли барқӣ Л-АР ду адад васлаҳои воридот, як васлаки байнибахшӣ пайваст карда шудааст. Илова бар ин, дар ин сатҳ 10 адад ҷудокунаки РЛНД-35 кВ, 3- адад трансформатори шиддати ТИД-35 кВ, 3 – адад трансформатори шиддати ЗНОМ-35 кВ, 6 – адад трансформатори ҷараёни АГУ-300/5 ва тахлиягари намуди РВС-35 кВ мавҷуданд.

Дастгоҳҳои тақсимоти пӯшидаи ДТП -10 кВ аз 31 адад чашмаҳои намуди АВВ иборат буда, ҳамаи онҳо бо васлаҳои вакуумӣ мучаҳҳазанд. Аз ҷумла: 2 адад чашмаки воридотӣ, 23 адад чашмаки содиротӣ (отвода), 1 адад чашмаки ҷудокунаки байнибахшӣ, 1 адад чашмаки васлаки байнибахшӣ, 2 адад чашмак барои воситаҳои ченкунӣ, 2 адад трансформатори шиддат пайваст аст.

Тибқи маълумоти соли охир, дар зеристгоҳи барқии «Академикҳо» 110/35/10 кВ дар маҷмӯъ 133 қатъшавии кӯтоҳмуддати таъминоти нерӯи барқ ба қайд гирифта шудааст.

Шумораи истеъмолкунандагон дар бахшҳои хизматрасонии коммуналӣ, ки аз зеристгоҳи барқии «Академикҳо» 110/35/10 таъмин мешаванд сол то сол афзоиш меёбад. Дар чунин шароит,

системаҳои мавҷудаи танзим ва идоракунии автомати раванди технологӣ дар ҳолатҳои фавқулодаи ба миёномада имконияти пурра идора нмуданро надорад. Аз ин рӯ зарурати иваз намудани инфрасохтори шабакаҳои барқии ба талаботи муосир ҷавобгу ба миён меояд.

### Натиҷаи кор ва пешниҳоди он

Технологияе, ки имкони гузариш ба равандаи ягонаи иттилоотиро фароҳам меорад, бо номи «Smart Grid» — «Шабакаи зеҳнӣ» маъруф аст. Ин технология раванди идоракунӣ, истифодабарии шабакаҳои тақсимои нерӯи барқро ба таври назаррас содда менамояд.

Шабакаи «Smart Grid» он маҷмӯи равандҳои технологӣ ва иттилоотиро дар бар мегирад, ки низоми ягонаи зеҳнии таъминоти нерӯи барқро ташкил медиҳад ва барои интиқоли энергия аз истеҳсолкунанда ба истеъмолкунанда пешбинӣ шудааст [9].

Гузариш ба чунин система имкон медиҳад, ки тамоми маҷмӯи додаҳои аз ҷузъҳои шабака воридшаванда ба таври фаврӣ коркард мешаванд. Дар натиҷа истифодаи энергия муносиб (оптимизатсия) гардида эътимоднокии шабакаҳои барқӣ афзоиш меёбад [5].

Зеристгоҳҳои барқии рақамӣ унсурҳои асосии шабакаи зеҳнӣ ба шумор меравад. Зери ин мафҳум зеристгоҳи барқӣ пурра автоматикунонидашуда фаҳмида мешавад, ки дар он системаҳои рақамии иттилоотӣ ва идоракунӣ дар як вақт бо ҳам кор мекунанд [7-11].

Зеристгоҳи барқии рақамӣ метавонад бидуни хузури доимии кормандони хизматрасон фаъолият намояд.

Барои пурра рақамикунонӣ намудани зеристгоҳи барқии «Академикҳо» 110/35/10 кВ аксарияти таҷҳизоти мавҷудбудаи зеристгоҳро бо дастгоҳи таҷҳизоти муосир иваз намудан лозим аст, ки метавонад шумораи қатъшавии кутохмуддати таъминоти нерӯи барқро як чанд маротиба коҳиш диҳад [2, 7, 11, 12].

Дар ҷадвалҳои 1-5 нишондоди муқоисавии зеристгоҳи барқии «Академикҳо» 110/35/10 бо таҷҳизотҳои муосири Smart Grid нишон дода шудааст.

Ҷадвали 1-Ҷадвали муқоисавии таҷҳизоти зеристгоҳи барқии «Академикҳо» ва таҷҳизоти муосири Smart Grid.  
Таҷҳизоти ДТК – 110 кВ

Таҷҳизоти ҳозира	Мушкилот	Таҷҳизоти Smart Grid	Баргари Smart Grid
Трансформаторҳои қудратии ТДТН-25000/110/35/10 кВА	Мониторинги аналогӣ, набудани назорати онлайн	Трансформатори интеллектуалӣ (Digital Power Transformer)	Мониторинги 24/7, сенсорҳои ҳарорат, газ, вибратсия, OLTC-sensor
Ҷудокунакҳои РНДЗ-1	Идоракунии дастӣ	Ҷудокунаки интеллектуалӣ (Smart Disconnecter)	Идоракунии фосилавӣ, сабти ҳолат, худдиагностика
ДТКЭ АВВ (элегаз)	Рақамисозии нопурра	ДТКЭ рақамӣ бо IEC 61850	Сенсорҳои дохилӣ, ҳамгирӣ бо процес-бус
Трансформаторҳои ҷараёни ЭМЭК-150/5	Аналогӣ	Digital CT (Оптическое ТТ)	Саҳеҳияти баланд, коҳиши хатоӣ, кори устувор
Трансформаторҳои шиддати ТИД-110	Аналогӣ	Digital VT	Интиқоли рақамии фазаҳо ва шиддат
Таҳлиагари ОПН-110	Назорати дастӣ	Smart Surge Arrester	Мониторинги онлайнӣ фишори барзиёд

Чадвали 2 - Чадвали муқоисавии таҷҳизоти зеристгоҳи барқии «Академикҳо» ва таҷҳизоти муносири Smart Grid  
Таҷҳизоти ДТК – 35 кВ

Таҷҳизоти ҳозира	Мушкилот	Smart Grid таҷҳизот	Бартарӣ
Васлакҳои рағғани С-35 кВ	Сарфаи вақти бисёр, хавфи баланд	Вакуумӣ + Smart Vacuum Switchgear	Беҳатарӣ, идоракунии онлайн
Чудокунакҳои РЛНД-35	Идоракунии дастӣ	Smart RLND-35	Назорати фосилавӣ, автоматика
Трансформаторҳои шиддати ТИД-35	Аналогӣ	Digital VT-35	Дақиқ, бо SCADA мутобиқ
Трансформаторҳои шиддати ЗНОМ-35	Кӯҳнашуда	Digital Sensor-VT	Каммасраф, босамар
АГУ-300/5 (ТТ)	Аналогӣ	Smart CT 35 кВ	Интиқоли рақамӣ
Анализатори РВС-35	Дастӣ	Online PQ Analyzer	Мониторинги доимии сифати барқ

Чадвали 3 - Чадвали муқоисавии таҷҳизоти зеристгоҳи барқии «Академикҳо» ва таҷҳизоти муносири Smart Grid  
Таҷҳизоти ДТП – 10 кВ

Таҷҳизоти ҳозира	Камбудӣ	Таҷҳизоти Smart Grid	Бартарӣ
31 чашмак бо васлакҳои вакуумӣ	Бе IED	Чашмакҳои интеллектуалӣ (Smart Switchgear 10 kV)	Назорати пурра онлайн
Васлакҳои воридотӣ (2 адад)	Аналогӣ	Input IED + Sensor	Муҳофизати пешрафта
27 васлакҳои баромад	Назорати маҳдуд	Feeder IED	Автоматикаи худбарқароркунанда
Васлаки байнибахшӣ	Кори дастӣ	Automatic Bus-Section Switch	Фавран чудо кардани қитъа
Чашмаки пайваст	Дастӣ	Smart Bus Coupler	Идоракунии аз диспетчер
Трансформаторҳои НАЛИ-10	Аналогӣ	Digital VT-10	Интиқоли рақамӣ
«Зигзаг» 750 кВА	Бе сенсор	Smart Zig-Zag	Назорати гармӣ ва чараён

Чадвали 4 - Системаҳои идоракунии ва коммуникатсия

Системаи ҳозира	Камбудӣ	Системаи Smart Grid	Бартарӣ
СИА ЗТ (аналогӣ)	Норасоии маълумоти воқеӣ	SCADA + DMS	Идоракунии интеллектуалӣ
Кабелҳои мисӣ	Хатогиҳои зиёд	Process Bus	90% камшавии кабел
Бидуни сенсори ҳарорат	Мониторинги маҳдуд	IoT-сенсорҳо	Речаи 24/7
Назорати дастӣ	Хатогиҳои инсон	Full Automation	Худтанзимкунии
Набудани ҳимояи шабакавӣ	Хатарҳои киберӣ	Cybersecurity Grid	Рамзгузори пешрафта

Ҷадвали 5 - Ҷадвали хулосавии муқоисавӣ

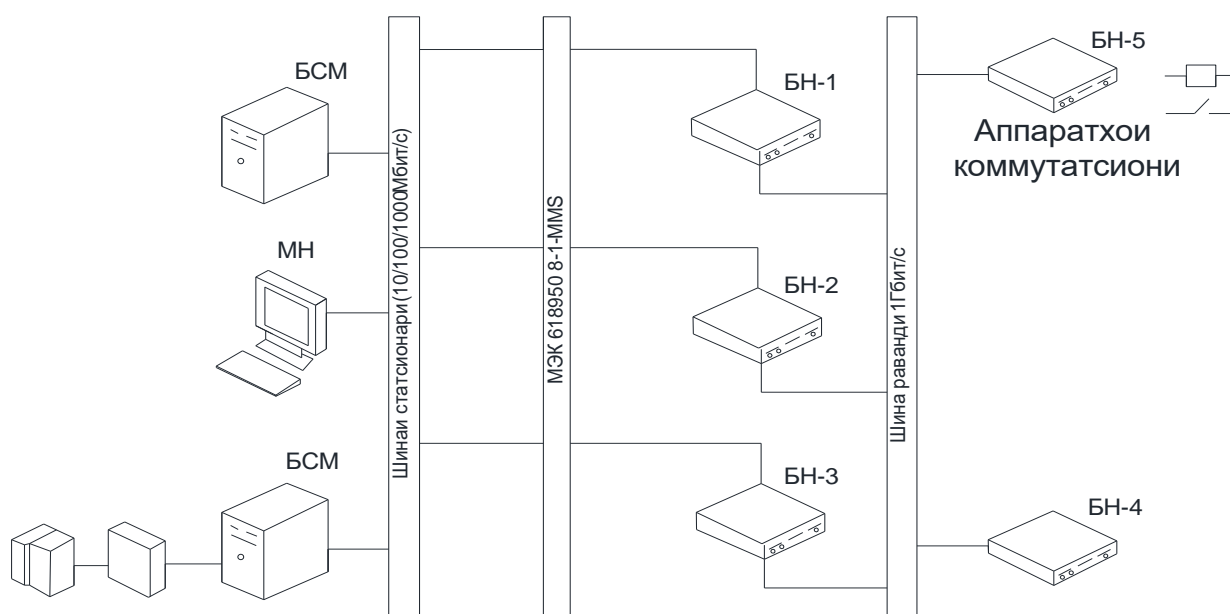
Категория	Таҷҳизоти анъанавӣ	Таҷҳизоти Smart Grid
Ченкуниҳо	Аналогӣ	Digital CT/VT
Муҳофизати релеи	Электромеханикӣ/ҳибридӣ	IED-ҳои рақамӣ
Идоракунӣ	Дастӣ	Фосилавӣ ва автоматӣ
SCADA	Нопурра	SCADA + IEC 61850
Сенсорҳо	Нисбатан кам	IoT + PMU
Кабелҳо	Мис, ҳаҷми калон	Process Bus (нахи оптикӣ)
Трансформатор	Мониторинг нест	Digital Transformer
Чудокунакҳо	Механикӣ	Smart Disconnecter
Хизматрасонӣ	Дастӣ	Predictive Maintenance

Бо вуҷуди он, ки дар зеристгоҳи барқии муосир СИА ЗТ бо интерфейси рақамӣ истифода мешавад, онҳоро пурра рақамӣ номидан имконнопазир аст, зеро интиқоли иттилоот аз олоти тақсимоти (РУ) то маркази идоракунӣ асосан тавассути сигналҳои аналогӣ сурат мегирад [2]. Рақамикунонии сигналҳо дар сатҳи дастгоҳҳои зеринизомӣ ба таври ҷудогона амалӣ мешавад.

Дар зеристгоҳҳои рақамӣ бошад, интиқоли иттилоот тавассути шинаи ягонаи раванди технологӣ (Process Bus) амалӣ мегардад [4]. Ин раванд имкон медиҳад, ки дастгоҳҳо маълумотро бо суръати баланд мубодила кунанд, шумораи кабелҳои мисӣ ва таҷҳизоти иловагӣ коҳиш ёбад ва дар масоҳати хурд ҷойгир карда шавад.

Дар расми 1 сохтори рақамикунонии зеристгоҳи барқӣ бо истифода аз технологияи муосир нишон дода шудааст.

Баланд бардоштани эътимоднокии шабака ва сифати нерӯи барқӣ ба истеъмолкунандагон расонидашаванда имкон медиҳад, ки самаранокӣ истифодаи он ба ҳадди ақал расонида шавад. Дар солҳои охир, Ҷумҳурии Тоҷикистон бо мақсади кам кардани сатҳи талафоти технологӣ ва тиҷоратии энергияи барқ, шабакаҳои барқии пастшиддат ва миёнашиддатро дар шаҳрҳо ва ноҳияҳо аз навсозӣ мекунад [13]. Сарфакории энергия ҳамчунин тавассути коҳиш додани талафоти нерӯи барқ ба даст меояд [14-18], зеро «шабакаи зеҳнӣ» қодир аст, ки қисматҳои осебдидаро ба таври мустақил ва фаврӣ ташхис ва ҷудо намояд.



Расми 1 – Сохтори рақамикунонии зеристгоҳ

Рақамикунии зеристгоҳҳои барқӣ бо технологияи муосир чунин имкон медиҳад:

- коҳиши ҳаҷми хатҳои кабелӣ;
- таъмин намудани мониторинги равшан ва пурраи каналҳои ҷамъоварӣ ва интиқоли иттилоот;
- соддагардони санҷиш ва санҷиши таҷҳизот;
- ташкили низоми ягонаи санҷиши таҷҳизот;
- имконияти ташхис ва назорати фосилавии таҷҳизот;
- заминагузори барои гузариш ба зеристгоҳҳои барқие, ки ба хизматрасонии инсон ниёз надоранд.

Дар натиҷаи рақамикунонӣ, автоматизатсияи шабакаҳо дорои хусусияти тақсимшуда мегардад, мониторинг (расми 2) тавассути идоракунии фосилавӣ (дистанционӣ) амалӣ мешавад ва низоми идоракунии унсурҳои шабака ба таври ягона фаъолият мекунад [4-8].



Расми 2 – Мониторинги назоратӣ ва системаи идоракунии

## Хулоса

Гузариш ба технологияҳои муосири идоракунии яке аз самтҳои асосии ояндадори рушди энергетикаи муосир ба шумор рафта рақамикунонии чунин зеристгоҳҳои барқӣ имкони баланд бардоштани эътимодноқӣ, беҳтаркунии сифати нерӯи барқи додешаванда ва барои таъмир ва бартарафсозии фаврии ҳолатҳои садамавӣ шароитҳои заруриро фароҳам меорад.

Гуаронидани зеристгоҳи барқии «Академикҳо» 110/35/10кВ ба идоракунии намуди Smart Grid ба ҳисоби миёна аз 2,9 – 3,4 миллион доллари ИМА-ро талаб мекунад.

*Муқарризон: Назиров Хуршед Ҷобохҷиевич — н.и.т., дотсенти қабедраи Электроэнергетикаи Филлиали донишқадаи энергетикаии Москва дар ш. Душанбе*

## Адабиёт

1. Гусев, В. Н. Цифровые подстанции и интеллектуальные электрические сети: учебное пособие / В. Н. Гусев – М.: Энергоатомиздат, 2019. – 320 с.
2. Агентии омили назди Президенти Ҷумҳурии Тоҷикистон. Энергетикаи Ҷумҳурии Тоҷикистон: маҷмуаи оморӣ. – Душанбе, 2024. – 150 с.

3. Шалин, А. И. Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем: учебное пособие / А.И. Шалин. – М.: Академия, 2017. – 384 с.
4. Кузьмин, А. В. Автоматизация и управление электрическими сетями: учебное пособие / А. В Кузьмин., С. Ю. Соколов – М.: Энергия, 2020. – 296 с.
5. Касьянов, В. П. Современные технологии в электроэнергетике: учебное пособие / В. П. Касьянов – СПб.: Питер, 2018. – 272 с.
6. IEC 61850. Communication Networks and Systems for Power Utility Automation. – Geneva: IEC, 2018.
7. ABB Group. Digital Substations: Technology and Application. – Zurich: ABB, 2020. – 98 p.
8. Siemens AG. Digital Substation Solutions. – Munich: Siemens Energy, 2021. – 112 p.
9. IEEE Power & Energy Society. Digital Substations and Smart Grid [Электронный ресурс]. Technologies. <https://www.siemens.com/global/en/products/energy/energy-automation-and-smart-grid/resources/whitepapers/digital-substation-supporting-utilities.html> – IEEE, 2019. – 134 p. (дата обращения 10.01.2026).
10. СТО 56947007-29.240.10.248-2017. Цифровые подстанции. Общие технические требования. – М.: ПАО «ФСК ЕЭС», 2017.
11. Schneider Electric. Digital Substations: The Future of Power Distribution. – Technical Guide, 2021.
12. Вохидов, М. М. Исследование аварийности в электросетевом комплексе / М. М. Вохидов, Ф. О. Исмоилов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2023. – № 2(62). – С. 48-51. – EDN KVKJFQ.
13. Рахимзода, Дж.Б. Оценка эффективности интеллектуальных систем учета потребления электрической энергии / Дж.Б. Рахимзода, М.М. Вохидов, Д.Дж. Кудратова // Научный журнал «Водные ресурсы, энергетика и экология». Института водных проблем, гидроэнергетики и экологии Национальной академии наук Таджикистана. – Душанбе: ИВПГЭЭ, – 2025, №1 (5). – С. 45-53.
14. Экспериментальная оценка качества электрической энергии современных коммунально - бытовых и офисных электроприемников / М. М. Камолов, Х. Б. Назиров, С. Т. Исмоилов [и др.] // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2019. – № 2(46). – С. 26-33. – EDN IQCOQM.
15. Киргизов, А. К. Влияние местности на определение потенциала возобновляемых источников энергии / А. К. Киргизов, З. С. Ганиев, Р. А. Джалилов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2018. – № 1(41). – С. 34-46. – EDN UTBSPH.
16. Эффективность выработки электроэнергии посредством преобразования солнечной энергии в условиях Южного Таджикистана / А. Я. Абдурахмонов, Н. Х. Одинаев, Б. Т. Абдуллоев, Р. Т. Абдуллозода // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2019. – № 3(47). – С. 10-14. – EDN JBJFDJ.
17. Экспериментальное исследование, анализ и оценка показателей качества электроэнергии в электрической сети 0,4кВ образовательного учреждения / С. А. Абдулкеримов, Х. Б. Назиров, М. М. Камолов [и др.] // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2018. – № 3(43). – С. 16-20. – EDN VNQAKJ.
18. Бобоев, Х. Д. Оценка вероятности возникновения электроопасной ситуации в сетях 6-10 КВ / Х. Д. Бобоев // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2023. – № 2(62). – С. 13-17. – EDN TVGYBW.

**СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ – МАЪЛУМОТ ДАР БОРАИ МУАЛЛИФОН – INFORMATION ABOUT AUTHORS**

TJ	RU	EN
Вохидов Миробид Мирвохидович	Вохидов Миробид Мирвохидович	Vokhidov Mirobid Mirvohidovich
Н.и.т., дотсент	К.т.н., дотцент	candidate of technical sciences, associate professor
Донишгоҳи техникии Тоҷикистон ба номи академик М.С. Осимӣ	Таджикский технический университет имени академика М.С. Осими	Tajik Technical University named after academician M.S. Osimi
Email: <a href="mailto:supergold84@mail.ru">supergold84@mail.ru</a>		
<a href="http://orcid.org/0009-0002-2379-9022">http://orcid.org/0009-0002-2379-9022</a>		
TJ	RU	EN
Мачидов Гафурҷон Хушбахтович	Маджидов Гафурджон Хушбахтович	Majidov Gafurjon Khushbaktovich
ҶСК “Шабакаҳои тақсимоги барқ”	ОАО “Распределительные электрические сети”	OJSC “Electricity Distribution Network”