

CONTROL AND MANAGEMENT OF THE BALANCE OF ACTIVE AND REACTIVE POWER IN A POWER SUPPLY SYSTEM WITH A SOLAR POWER PLANT

Narzullo Nuriddinovich Mirzoyev

Siroj Sobirovich Nurov

Follow this and additional works at: <https://ijctcm.researchcommons.org/journal>



Part of the [Digital Circuits Commons](#), and the [Power and Energy Commons](#)



ISSN 1815-4840, E-ISSN 2181-1105

Himičeskaâ tehnologiâ. Kontrol' i upravlenie

**CHEMICAL TECHNOLOGY.
CONTROL AND MANAGEMENT**

2024, №3 (117) pp.26-36

International scientific and technical journal

journal homepage: <https://ijctcm.researchcommons.org/journal/>



Article history: Received 12 April 2024; Received in revised form 28 June 2024; Accepted 29 June 2024;
Available online 10 July 2024

Since 2005

**CONTROL AND MANAGEMENT OF THE BALANCE OF ACTIVE AND REACTIVE
POWER IN A POWER SUPPLY SYSTEM WITH A SOLAR POWER PLANT
(КОНТРОЛЬ И УПРАВЛЕНИЕ БАЛАНСОМ АКТИВНОЙ И РЕАКТИВНОЙ
МОЩНОСТИ В СИСТЕМЕ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ С СОЛНЕЧНОЙ
ЭЛЕКТРОСТАНЦИЕЙ)**

Mirzoev Narzullo Nuriddinovich¹, Nurov Siroj Sobirovich²

^{1,2}Bukhara Engineering-Technological Institute, Address: 200100, Q.Murtazaev street, 15. Bukhara region, Bukhara,
Republic of Uzbekistan.

E-mail: ¹narzullomirzoyev2606@gmail.com, Phone: +998914048577.

Abstract: This article discusses the development of a measurement and control system for monitoring and managing the balance of active and reactive power at power plants based on "Green" energy sources. Monitoring and management of the balance of active and reactive power based on a measurement and control system, calculated expressions are developed to solve the problem of reactive power compensation when transmitting electricity at power plants based on "green" energy sources. Reactive power is calculated based on measured active power, and combined reactive power sources generate the reactive power required by the network based on control signals. Schemes for connecting these reactive power sources to the network have been developed, and this diagram (Scheme) shows the installation of a measurement control device. The schematic block diagram of a measurement control device shows the sequence of the process of measuring and processing electrical data, as well as the generation of control signals. To study the operating principle and elements of a device created to monitor and manage reactive power consumption, a microcontroller, a signal converter and measuring transducers were selected. An algorithm for monitoring and managing the balance of active and reactive power has been developed for the device software. At the same time, equations for separating current, voltage and frequency signals in the phase section were developed.

Keywords: Green energy, active and reactive power, balance, monitoring and control, measurement and control system, microcontroller, signal converter, current, voltage, frequency, traditional power plant, solar and wind power plants, calibration factor, Arduino Uno, integrated circuit, Atmega328.

Annotatsiya: Ishda «yashil» energiya manbalariga asoslangan holda elektr stansiyalarida elektr energiyasini tarmoqqa uzatishda aktiv va reaktiv quvvat balansini ko'rib chiqilgan. O'lchovlarni nazorat qilish va boshqarish tizimi ishlab chiqish masalalari ko'rib chiqilgan. Aktiv va reaktiv quvvatni balansini nazorat qilish va boshqarish o'lchov nazorat tizimi asosida «yashil» energiya manbalariga asoslangan elektr stansiyalarida elektr energiyasini uzatishda reaktiv quvvatni kompensatsiyasini hisoblash ifodalari ishlab chiqilgan. Reaktiv quvvat o'lchangan aktiv quvvat asosida hisoblanadi, kombinatsiyalangan reaktiv quvvat manbalari esa boshqaruv signallari asosida tarmoqqa zarur bo'lgan reaktiv quvvatni ishlab chiqadi. Ushbu reaktiv quvvat manbalarini tarmoqqa ulash sxemalari ishlab chiqilgan bo'lib bu sxemada o'lchov nazorat qurilmasining o'rnatilishi ko'rsatib o'tilgan. O'lchov nazorat qurilmasining prinsipl strukturaviy sxemasida elektr ma'lumotlarni o'lchash va ularga ishlov berish, hamda boshqaruv signallarini shakllantirish ketma-ketligi ko'rsatilgan. Reaktiv quvvat iste'molini nazorat qilish va boshqarish uchun yaratilgan qurilmaning ishlash prinsipi va elementlari, qurilma uchun mikrokontrollerni tadqiq etish asosida o'lchov o'zgartirishining o'lchov o'zgaruvchanlari tanlanadi. Qurilmani dasturiy ta'minoti uchun aktiv va reaktiv quvvatlar balansini nazorat qilish va boshqarish algoritmi ishlab chiqilgan. Shu bilan birga fazalar kesimida tok, kuchlanish va chastota signallarni ajratish uchun tenglamalar ishlab chiqilgan.

Tayanch so'zlar: «Yashil» energetika, aktiv va reaktiv quvvat, balans, nazorat qilish va boshqarish, o'lchov nazorat tizimi, mikrokontroller, signal o'zgartirish, tok, kuchlanish, chastota, ana'naviy elektr stansiya, quyosh va shamol elektr stansiyalari, kalibrlash koeffitsienti, Arduino Uno, integral sxema, Atmega328.

Аннотация: В работе рассмотрен баланс активной и реактивной мощности при передаче электроэнергии в сеть на электростанциях на основе «зеленых» источников энергии. Рассмотрены вопросы разработки системы контроля и управленческих измерений. Проанализирован мониторинг и контроль за балансом активной и

реактивной мощности на основе системы измерения и контроля разработаны формулы расчета компенсации реактивной мощности при передаче электроэнергии на электростанциях на базе «зеленых» источников энергии. Реактивная мощность рассчитывается на основе измеренной активной мощности, а комбинированные источники реактивной мощности генерируют реактивную мощность, необходимую сети. Разработаны схемы подключения этих источников реактивной мощности к сети и в данной схеме показан монтаж устройства контроля измерений. Принципиальная структурная схема устройства контроля измерений показывает последовательность измерения и обработки электрических данных, а также формирование управляющих сигналов. Исследованы принцип работы элементов созданного устройства контроля и управления потреблением реактивной мощности, микроконтроллера для устройства – преобразователя сигналов и выбраны параметры измерения. Разработан алгоритм и программное обеспечение контроля и управления балансом активной и реактивной мощности. При этом были разработаны уравнения разделения сигналов тока, напряжения и частоты на фазном участке.

Ключевые слова: «Зеленая» энергетика, активная и реактивная мощность, баланс, мониторинг и управление, система измерения и контроля, микроконтроллер, преобразователь сигналов, ток, напряжение, частота, традиционная электростанция, солнечные и ветряные электростанции, калибровочный коэффициент, Arduino Uno, интегральная схема, Atmega328.

Введение. В настоящее время в республике строятся электростанции на основе возобновляемых источников энергии. В Узбекистане на сегодняшний день ведется практическая работа по строительству 22 солнечных и ветряных электростанций мощностью 9 ГВт. Солнечная электростанция общей мощностью 900 МВт была построена и введена в эксплуатацию в Самаркандской, Джизакской и Сурхандарьинской областях. Китайская компания China Gezhouba Group завершила и ввела в эксплуатацию две солнечные электростанции общей мощностью 1000 МВт в Бухарской и Кашкадарьинской областях. В то же время в Пешкусском и Гиждуванском районах Бухарской области началось проектирование и строительство ветряных электростанций стоимостью 650 миллионов долларов США для каждой. В Пешкусском и Гиждуванском районах мощность составляет 300- МВт. Иностранная компания «ACWA POWER» Королевства Саудовская Аравия работает над созданием ветряных электростанций мощностью 500 МВт. В целом к 2030 году в нашей республике планируется построить солнечные и ветряные электростанции мощностью 27 ГВт на основе «зеленых» источников энергии.

На основе вышеизложенного можно сказать, что в нашей республике большое внимание уделяется обеспечению населения бесперебойным электроснабжением.

В электрической сети существуют потребители активной мощности, а также потребители реактивной мощности. В связи с этим необходимо обратить внимание на вопросы компенсации реактивной мощности при передаче электроэнергии на электростанциях на основе «зеленых» источников энергии.

В данной статье рассматривается баланс активной и реактивной мощности при передаче электроэнергии в сеть на электростанциях на основе «зеленых» источников энергии. Разработана система контроля и управления измерениями. Мониторинг и контроль баланса активной и реактивной мощности на основе системы измерения и контроля при передаче электроэнергии на электростанциях на основе «зеленых» источников энергии. Разработаны схема установки устройства контроля и управления потреблением реактивной мощности, система измерения и контроля, устройство контроля и управления и соответствующее программное обеспечение.

Постановка задачи и решение. В работе рассмотрена визуализация энергетических показателей солнечной электростанции, подключенной к сети. Обычно визуализация энергетических характеристик солнечной электростанции достигается с помощью программного обеспечения для онлайн-расчетов Huawei. Климатические и погодные условия, угол падения солнечных лучей и загрязнение панелей считаются важными исследовательскими вопросами при получении результатов визуализации энергетических показателей солнечной электростанции. Инверторы, используемые в системе производства электроэнергии, существенно влияют на качество электроэнергии. Контроль качества при передаче вырабатываемой активной мощности в сеть сопровождается определенными проблемами. Известно, что в системе электроснабжения баланс активной мощности связан с частотой сети, а

баланс реактивной мощности является величиной, зависящей от напряжения. Баланс активной мощности в системе электроснабжения должен быть следующим [1-2]:

$$\sum P_{gen} = \sum P_{ist} = \sum P_{yuk} + \sum \Delta P,$$

если

$$\sum P_{gen} < \sum P_{ist} \text{ или } \sum P_{gen} > \sum P_{ist}$$

то частота в системе электроснабжения частота увеличивается или уменьшается.

Для стабильной работы системы электроснабжения допустимое отклонение частоты от номинальной устанавливается $\pm 0,2$ Гс [4].

Баланс реактивной мощности должен выглядеть следующим образом [3-5]:

$$\sum Q_{gen} = \sum Q_{ist} = \sum Q_{yuk} + \sum \Delta Q,$$

если

$$\sum Q_{gen} < \sum Q_{ist} \text{ или } \sum Q_{gen} > \sum Q_{ist},$$

то напряжение в системе электроснабжения частота увеличивается или уменьшается.

Известно, что реактивной мощности, вырабатываемой традиционными электростанциями, недостаточно для системы электроснабжения, она берется из цепочки поставок. Именно поэтому контроль и управление передачей активной и реактивной мощности в сеть электроснабжения в системах электроснабжения солнечных электростанций является важным вопросом.

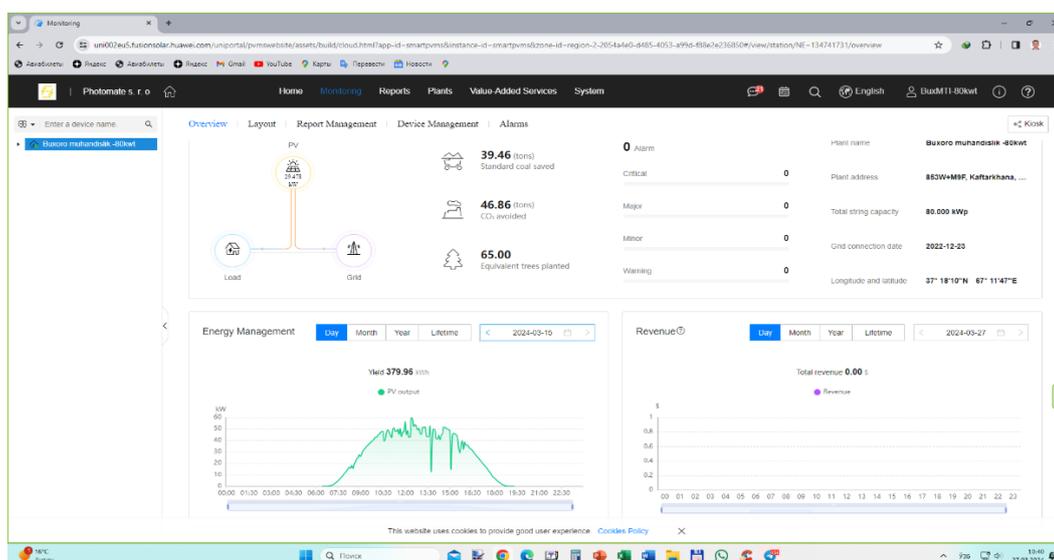


Рис. 1. Электроэнергия, вырабатываемая солнечной электростанцией мощностью 80 кВт.

Информация об объеме электроэнергии, подаваемой солнечной электростанцией мощностью 80 кВт в систему электроснабжения за одни сутки с активными и реактивными генераторами, на 15 марта 2024 года представлена на рисунке 1. Видно, что за этот период солнечная электростанция выработала 379,96 кВтч активной электроэнергии и передала ее в электросеть.

Солнечная электростанция работает параллельно с сетью энергосистемы в режиме производства электроэнергии. В этом процессе используется инвертор, обеспечивающий качественные показатели передаваемой электроэнергии. Баланс реактивной мощности в системе электроснабжения в настоящей работе не рассматривается.

Разработанные схемы и уравнения. Результаты анализа и исследований показали, что важными вопросами для разработки являются алгоритм контроля и управления балансом реактивной мощности системы электроснабжения солнечной электростанции, а также структурные и электрические схемы компенсации реактивной мощности.

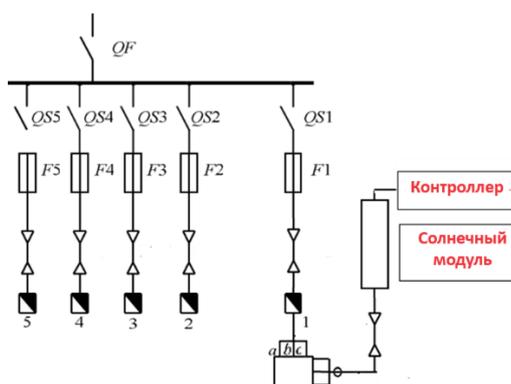


Рис. 2. Схема установки устройства, созданного для контроля и управления потреблением реактивной мощности.

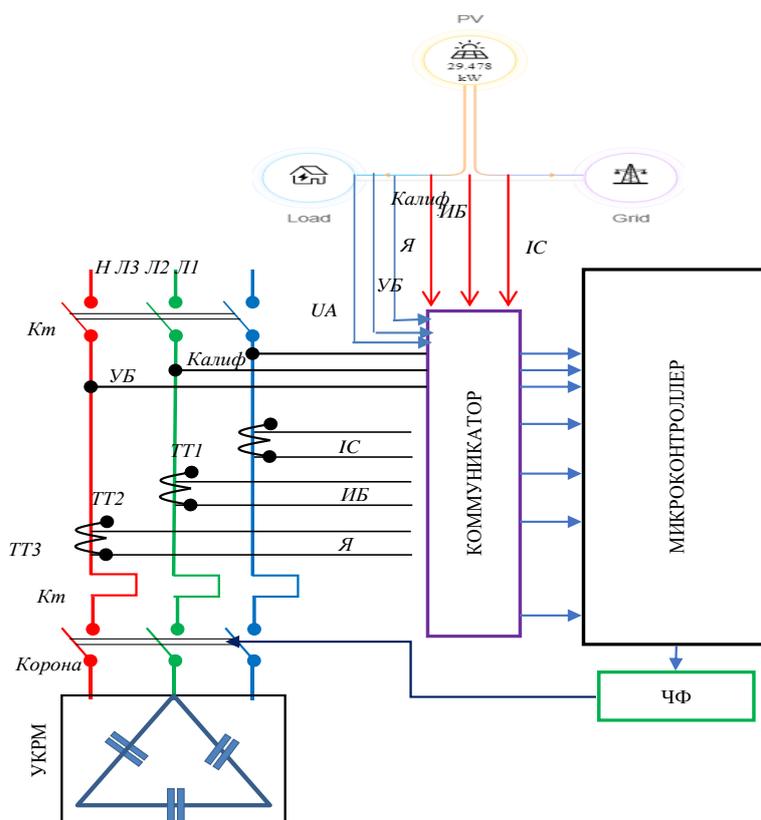


Рис. 3. Система контроля и управления балансом активной и реактивной мощности.

На основе схемы установки созданного устройства контроля и управления потреблением реактивной мощности разработана система измерения и контроля, обеспечивающая контроль и управление балансом активной и реактивной мощности для системы электроснабжения для солнечной электростанции. Система измерительного контроля, созданная для контроля и управления балансом активной и реактивной мощности в системе электроснабжения, представлена на рис. 3.

Система управления измерениями состоит из трёх частей: первая часть – электрическая, вторая – измерительно-преобразовательная часть и третья – написанное на микроконтроллере программное обеспечение для обработки результатов измерений.

В электрической части системы контроля измерений сигналы в виде тока преобразуются от традиционного источника питания в фазовой секции специального трансформаторного устройства и передаются в измерительно-трансформаторный блок. Одновременно на

измерительный блок системы подается также сигнал напряжения. В том же порядке сигналы фазного тока и напряжения поступают также от инвертора солнечной электростанции.

В измерительном блоке сигналы тока и напряжения, измеряемые на фазном участке, разделяются на сигналы тока, напряжения и частоты по фазам и изменяются по форме и размеру сигнала, считываемого микроконтроллером.

Микроконтроллер обрабатывает электрические величины в следующей последовательности. Измерение электрической энергии дает информацию об изменении мощности во времени, умножая ее сигналы в виде напряжения и тока на время. Ток и напряжение, коэффициент активной мощности и разность фаз, активная мощность рассчитываются следующим образом [2-3]:

$$p(t) = U \cos(\omega t) * I \cos(\omega t + F), \text{ agar } F = 0 \text{ bo'lsa}$$

$$p(t) = \frac{UI}{2} (1 + \cos 2(\omega t))$$

$$\text{agar } F \neq 0 \text{ bo'lsa}$$

$$p(t) = \frac{UI}{2} (1 + \cos 2(\omega t))$$

$$p(t) = U \cos(\omega t) * I \cos(\omega t + F) =$$

$$= U \cos(\omega t) * [I \cos(\omega t) \cos(F) + \sin(\omega t) \sin(F)]$$

$$= \frac{UI}{2} (1 + \cos(2\omega t) \cos(F) + UI \cos(\omega t) \sin(\omega t) \sin(F))$$

$$= \frac{UI}{2} (1 + \cos(2\omega t) \cos(F) + \frac{UI}{2} \sin(2\omega t) \sin(F))$$

Он умножает входное напряжение двух каналов напряжения и тока на ток и получается путем обработки сигнала.

Данные об активной мощности преобразуются в частоту, при этом эффективное значение напряжения и эффективное значение тока одновременно рассчитываются и преобразуются в частоту. Действующие значения активной мощности, напряжения и тока эффективно извлекаются из каналов CF и CF1 соответственно.

Формула расчета частоты активной мощности по выходному импульсу определяется следующим образом [4]:

$$F_{CF} = 1721506 \frac{U(U) * U(I)}{U_{ref}^2}$$

где 1721506 — калибровочный коэффициент.

Напряжение на фазном участке определяется следующим образом [7]:

$$U_f = K_{kU} \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n U_i^2}}{n};$$

Ток на фазном участке определяется как [7]:

$$I_f = K_{kl} \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n I_i^2}}{n}$$

Активная мощность и полная активная мощность на фазном участке определяются следующим образом [7]:

$$P_f = K_{kU} \cdot K_{kl} \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n U_i I_i}}{n}; \quad P_{\Sigma} = P_{fA} + P_{fB} + P_{fC}$$

Полная мощность и полная активная мощность на фазном участке определяются таким образом [7]:

$$S_f = I_f \cdot U_f; S_{\Sigma} = I * U$$

Реактивная мощность и полная реактивная мощность на фазном участке определяются как [7]:

$$Q_f = \sqrt{S_f^2 - P_f^2}; Q_\Sigma = Q_{fA} + Q_{fB} + Q_{fC}$$

Коэффициент активной мощности вычисляется следующим образом [7]:

$$\cos \varphi_{ABC} = \frac{P_{fABC}}{S_{fABC}}$$

Активная и реактивная электроэнергия рассчитывается следующим образом [7]:

$$W = *t, Q = *tP_\Sigma, Q_\Sigma$$

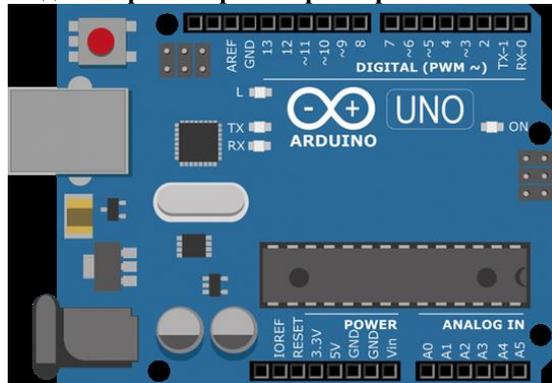
На основе приведенных математических выражений сформирован алгоритм работы программного обеспечения системы управления измерениями, который является одноусловным алгоритмом.

Для работы системы контроля измерений был выбран микроконтроллер aurdino с микропроцессором Atmega.

Ардуино Уно. Основой интегральной схемы является микроконтроллер ATmega328. Технические характеристики Arduino Uno приведены в Таблице 1 [4-5].

Таблица 1

Индикаторы микроконтроллера Arduino Uno



Тип микроконтроллера	АТмега328
Рабочее напряжение	5 Вольт
Напряжение питания	7–12 Вольт
Диапазон напряжения	6–20 Вольт
Цифровые входы и выходы	14, из них 6 для ШИМ
Аналоговые входы и выходы	6
Фиксированный ток в одном выходном канале	40 мА
Память	32 КБ, из них 0,5 КБ предназначено для программирования
СРАМ	2 КБ
ЭСППЗУ	1 КБ
Частота	16 МГц

Алгоритм работы микроконтроллера написан на языке программирования S++. Алгоритм контроля и управления балансом активной и реактивной мощности представлен на рис. 4.

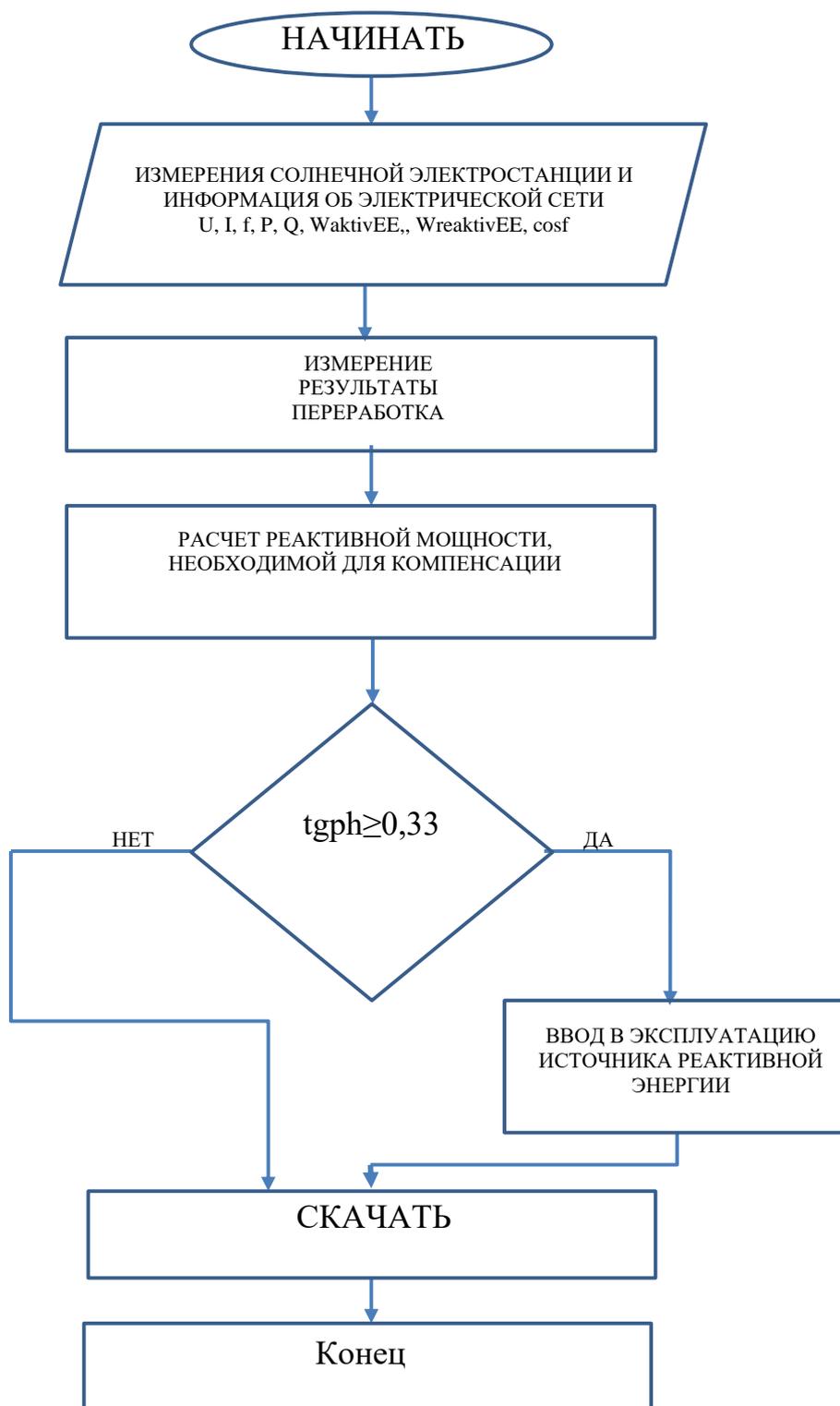


Рис. 4. Алгоритм контроля и управления балансом активной и реактивной мощности.

Схема подключения устройства контроля и управления балансом активной и реактивной мощности и интегральной схемы Arduino Uno представлена на рис. 5.

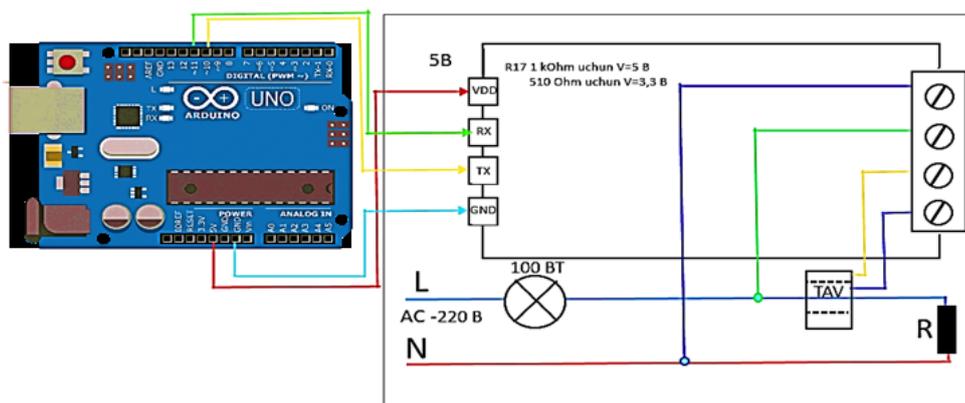


Рис. 5. Схема подключения устройства контроля и управления балансом активной и реактивной мощности и интегральная схема Arduino Uno.

В общей схеме по мере подключения одной фазы электрической сети в таком же порядке подключаются и остальные фазы. На схеме, представленной на рис. 6, показано подключение устройства контроля и управления балансом активной и реактивной мощности и Arduino Uno. Интегральная схема:

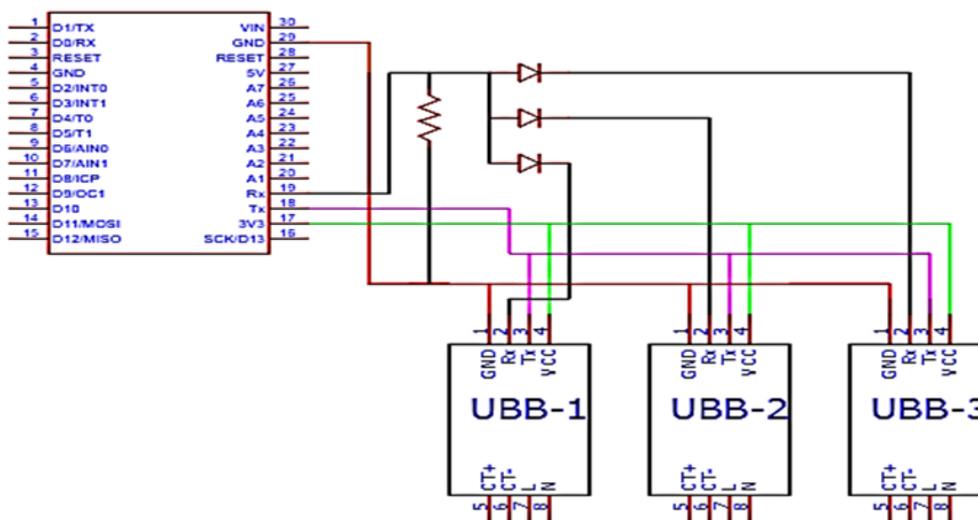


Рис. 6. Трехфазная схема подключения устройства контроля и управления балансом активной и реактивной мощности и интегральная схема Arduino Uno.

Трехфазный блок измерительной связи, предназначенный для контроля и управления балансом активной и реактивной мощности, в основном собирается на основе вышеперечисленных элементов, принципиальная схема его представлена на рис. 7.

Блок по измерению данных солнечной электростанции и сети измеряет сигналы тока и напряжения на выходе инвертора солнечной электростанции и трехфазной секции обычной электросети.

Эти измеренные сигналы рассчитываются на основе приведенных выше уравнений в блоке обработки основных электрических параметров электрической сети [6-7].

Трехфазный алгоритм мониторинга и управления балансом активной и реактивной мощности был разработан для программирования Arduino Uno, выбранного для устройства контроля и управления балансом активной и реактивной мощности. Алгоритм контроля и управления балансом активной и реактивной мощности представлен на рисунке 4.

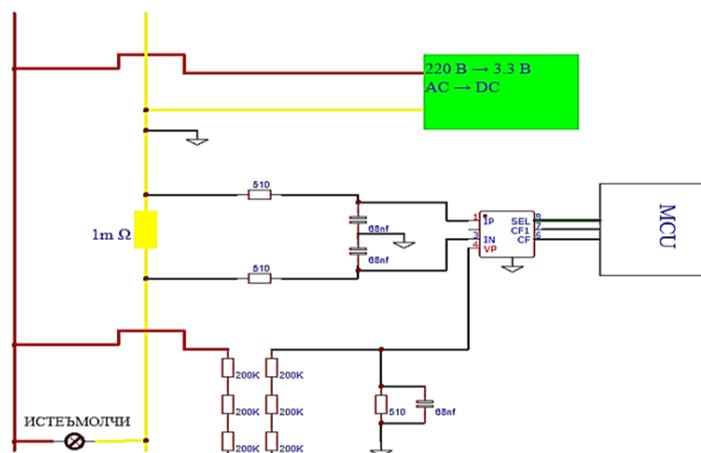


Рис. 7. Структурная схема блока измерительной связи.

Полученные результаты. В расчетном блоке определяется количество, необходимое для покрытия потребления реактивной мощности, необходимой потребителям системы электроснабжения солнечной электростанции, и подается соответствующая команда обеспечивающему оператору. При условии $\text{tg}\varphi \geq 0,33$ оператор выдает команду «Да» или «Нет» на потребление реактивной мощности.

Если оператор условия дает команду «Да», то срабатывает блок включения источника реактивной мощности для выдачи реактивной мощности потребителю. Запускает батареи конденсаторов для обеспечения реактивной мощности, необходимой потребителю. Если нет спроса на потребление реактивной мощности, пусковой агрегат реактивной мощности не запустится.

Анализ расчетов и результатов экспериментов представлен в табл. 2.

Таблица 2

Нет	Результаты исследования			Результаты расчета	
	вопрос, вар	потому что (j)	n, Вт	tg(φ)	вопроскрышка, вар
1	120559.25	0,380	50231	2434	122271.04
2	97798.10	0,375	40123	2472	99186.71
3	132317,12	0,356	51123	2625	134195.86
4	91500.47	0,381	38241	2427	92799,67
5	107705.86	0,376	44325	2464	109235.15
6	112947,56	0,388	48215	2376	114551.28
7	103668.27	0,389	44341	2371	105140.23
8	103159.86	0,388	44045	2375	104624.60
9	103722,23	0,384	43749	2405	105194.96
10	104291,58	0,380	43453	2434	105772.39
11	104868.18	0,376	43157	2464	106357.18
12	102241,50	0,382	42861	2,419	103693.20
13	99694.81	0,388	42565	2375	101110.35
14	101763,75	0,379	42270	2442	103208.67
15	103916.01	0,370	41974	2511	105391,49
16	102861.17	0,371	41678	2503	104321,67
17	101812,48	0,372	41382	2495	103258.10
18	97706.98	0,383	41086	2412	99094.30
19	96707.22	0,384	40790	2405	98080.35
20	97489,68	0,379	40494	2442	98873.92

На основании сравнения полученных результатов установлено, что существуют различия в компенсации потребляемой реактивной мощности с потребляемой реактивной мощностью с

выхода инвертора. Определены и предложены к использованию следующие величины дополнительной реактивной мощности: практика [8]:

$$Q_{qop}^{min} = P_{orn} * (tg\varphi + tg\varphi_{tar}) = 43 * (3,792 + 0,38) = 179,392 \text{ VAR}$$

$$Q_{qop}^{max} = P_{orn} * (tg\varphi + tg\varphi_{tar}) = 43 * (0,505 + 0,38) = 38,055 \text{ VAR}$$

Заключение

1. Одной из важных задач является обеспечение качественных показателей электрической энергии при передаче в электросети электрической энергии, вырабатываемой на солнечных электростанциях.

2. В качестве объекта исследования была взята солнечная электростанция мощностью 80 кВт, установленная в учебно-лабораторном корпусе Бухарского инженерно-технологического института. Была рассчитана реактивная мощность, которую необходимо компенсировать, и выявлены источники реактивной мощности путем установки системы учета и контроля, предназначенной для контроля и управления потреблением реактивной мощности на выходе инвертора солнечной электростанции. По результатам проведенных исследований обосновано, что расход реактивной мощности, который необходимо покрыть при установленной средней активной мощности системы электроснабжения 43 кВт, составляет:

$$tg\varphi = tg\varphi(\arccos\varphi) = tg\varphi(\arccos 0,255) = 0,3792$$

$$Q_{qop} = P_{orn} * tg\varphi = 43 * 3,792 = 16,31 \text{ kVAR}$$

3. Требования, предъявляемые к системе электроснабжения, предусматривают, что потребители электрической энергии должны быть в достаточном объеме обеспечены качественной активной и реактивной мощностью. Результаты исследования показали, что одним из основных факторов, влияющих на качественные показатели активной и реактивной мощности электроэнергии, является автоматическое регулирование и компенсация реактивной мощности в системе электроснабжения на основе системы измерения и контроля, поскольку реактивная мощность – это основная составляющая электроэнергии являющаяся показателем эффективности.

4. Эффективное использование систем измерения и управления для контроля баланса активной и реактивной мощности в системе электроснабжения солнечной электростанции позволяет мгновенно контролировать минимальное и максимальное потребление реактивной мощности, повышать качество электроэнергии, разработать и обеспечить мониторинг и оцифровку показателей потребленной электроэнергии.

References:

1. Mirzaev, N. N. (2023). Intellectual measurement of electrical energy consumption - monitoring device and software. *Scopus conference: Rudenko International Conference "Methodological Problems in Reliability Study of Large Energy Systems" (RSES 2023) E3S Web of Conferences*. 461, 01083. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202346101083>
2. Mirzaev, N.N. (2023). Study on computerized measurement-control system for determining the condition of electrical network insulation and permitted connections for electrical energy consumption. *Scopus conference: 4th International Conference on Energetics, Civil and Agricultural Engineering (ICECAE 2023) E3S Web of Conferences*. 434, 01021. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202343401021>
3. Mirzoyev, N.N. (2021). Information software and devices for energy efficiency management and control. *Chemical Technology, Control and Management*, 68-75.
4. Mirzoyev, N.N. (2020). Analogical Model Development Methodology For Mathematical Modeling Of Energy Efficiency Control System. *The American Journal of Engineering and Technology*, 55-61.
5. Mirzoyev, N.N. (2020). Intelligence devices for monitoring and control of energy efficiency of enterprises. *Chemical Technology. Control and Management*, 172-181.
6. Mirzoyev, N.N., Sayfiyev, O.H., Temirov, T.O. (2022). Investigation of unauthorized connection to electrical networks, failure to detect their phase interruptions and short circuits to ground. *ResearchJet Journal of Analysis and Inventions*, 3(10), 130-143.
7. Mirzoyev, N.N., Sobirov, S. (2023). Study of violations of quality indicators of electricity supply network. *Central Asian Journal of Education and Innovation*, 83-86.
8. Mirzoyev, N.N., Sobirov, O.Sh. (2023). Computerized measurement control system of unauthorized connection to

- electrical networks and isolation control detection. *Science and Education*, 488-502.
9. Siddikov, I.X., Mirzoyev, N.N., Anarboev, M.A. (2023). Elektr energiyasini tejash va samaradorligini oshirish uchun gibrid quyosh elektr stansiyasini loyihalash uslubiyoti. "Raqamli energetika tizimini yaratishning istiqbollari, muqobil energiya olishning muammolari va yechimlari-2023" xalqaro ilmiy-amaliy konferensiyasining ilmiy maqola va tezislari to'plami. Jizzax, 175-181 (in Uzbek).
 10. Xoliqberdiyev, M.Q., Mirzoyev, N.N. (2022). Shamol elektr stansiyasi va quyosh elektr stansiyasi asosida gibrid elektr ta'minoti tizimini loyihalash. *Pedagogs jurnali*, 10(1), 100-108 (in Uzbek).
 11. Siddiqov, I.X., Xoliqberdiyev, M.Q., Mirzoyev, N.N. (2022). WE3000 markali shamol elektr stansiyasining elektr energiyasining sifat ko'rsatkichlarining tahlili. *PEDAGOGS jurnali*, 10(1), 93-99 (in Uzbek).
 12. Siddikov, I.X., Mirzoyev, N.N., Anarboev, M.A., Davrboeva, S.I. (2023). Izolyatsiya holatini monitoring qilish va elektr tarmoqlariga ruxsatsiz ulanishlarni aniqlash uchun kompyuterlashgan axborot o'lchov tizimining istiqbollari. "Raqamli energetika tizimini yaratishning istiqbollari, muqobil energiya olishning muammolari va yechimlari-2023" xalqaro ilmiy-amaliy konferensiyasining ilmiy maqola va tezislari to'plami. Jizzax, 252-257 (in Uzbek).
 13. Makhmudov, Makhmud Idrisovich; Kuziev, Zafarbek Esanovich; Nurov, Siroj Sobirovich; and Sidikov, Sanjar Siroj ugli (2020). Optimal ratio of primary and secondary clarifier characteristics in wastewater treatment plants. *Chemical Technology, Control and Management*, 4(1).
 14. Maxmudov, Maxsud; Nurov, Siroj; Qo'ziev, Zafar; and Sidiqov, Sanjar (2021). Review and analysis of methods for measuring concentration of suspended substances and active sludge during biological treatment of waste water. *Scientific-technical journal*, 4(3).
 15. Idrisovich, M.M., Kuziev, Z.E., Nurov, S.S., Sidikov, S.S. (2020). Assessment of energy saving capabilities in air blowers of biological wastewater treatment plants. *European Journal of Molecular & Clinical Medicine*, 7(6), 1474-1486.