



NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE OF AZERBAIJA
MINISTRY OF SCIENCE AND EDUCATION
OF THE REPUBLIC OF AZERBAIJAN
INSTITUTE OF PHYSICS

ENERGETİKANIN PROBLEMLƏRİ

ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ

POWER ENGINEERING PROBLEMS

ENERGETİKANIN KOMPLEKS PROBLEMLƏRİ * ELEKTROENERGETİKA * İSTİLİK ENERGETİKASI * İSTİLİK FİZİKASI *
ELEKTROFİZİKA * ELEKTROTEKNOLOGİYA * ENERJİ MƏNBƏLƏRİ * EKOLOGİYA * XRONİKA

КОМПЛЕКСНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ * ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА * ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА * ТЕПЛОФИЗИКА *
ЭЛЕКТРОФИЗИКА * ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЯ * ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ * ЭКОЛОГИЯ * ХРОНИКА *

COMPLEX PROBLEMS OF POWER ENGINEERING * THE ELECTRICAL POWER ENGINEERING *
THE THERMAL POWER ENGINEERING * THERMOPHYSICS * ELECTROPHYSICS * ELECTROTECHNOLOGY *
ENERGY SOURCES * ECOLOGY * CHRONICLE

* DATA ANALİTİK VƏ SÜNİ İNTELLEKT *
* АНАЛИТИКА ДАННЫХ И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ *
* DATA ANALYTICS AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE *

3

2025

BAKİ ☆ ELM ☆ BAKU

ENERGETİKANIN PROBLEMLƏRİ

elmi – texniki jurnal

№ 3 2025

Jurnal 2000-ci ildə akademik Ç.M.Cuvarlı tərəfindən təsis edilib

Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası Rəyasət Heyətinin qərarı ilə çap olunur

Redaksiya heyəti

A. Həşimov (baş redaktor), N. Rəhmanov (baş redaktorun müavini), J. Bilbao (İspaniya), K. Dursun (Norveç), N. Bizon (Rumıniya), P. İlyuşin (Rusiya), A. Murakami (ABŞ), T. Nurubəyli (məsul katib və texniki redaktor), C. Taplamacıoğlu (Türkiyə), N. Tabatabai (Danimarka), N. Yusifbəyli, H. Quliyev, A. Babayeva, T. Xalina (Rusiya), R. Kəlbəliyev, R. Rəhmanov (İngiltərə), N Duich (Xorvatiya).

Redaksiyanın ünvanları: Bakı, Az-1143, H.Cavid prospekti,131, AR ETN Fizika İnstitutu,
Az-1602, H.Zərdabi prospekti, 94, Az.ET və LAEI

Tel.: (994 12) 538-16-60; 539-44-02

Faks: (994 12) 539-31-16

E – mail: a.hashimov@physics.science.az

Nəşrin redaktoru: F.Rzayev

“Energetikanın Problemləri” jurnalı Azərbaycan Respublikası Mətbuat və İnformasiya Nazirliyində qeydiyyatdan keçmişdir, qeydiyyat sayı B 507

Tiraj: 50 nüsxə

ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ

научно – технический журнал

№ 3 2025

Основан в 2000 году академиком Ч.М.Джуварлы

Печатается по постановлению Президиума Национальной Академии Наук Азербайджана

Главный редактор

академик НАН Азербайджана А.М. Гашимов

Адреса редакции: Az -1143, Баку, пр.Г.Джавида, 131, Институт Физики МНО АР
Az -1602, Баку, пр.Г.Зардаби, 94, АЗ.НИИПИИ Энергетики ОАО “Азербэнеджи”

Тел.: (994 12) (994 12) 538-16-60; 539-44-02

Факс: (994 12) 539-31-16

E-mail: a.hashimov@physics.science.az

POWER ENGINEERING PROBLEMS

Editor in chief Arif Hashimov

Editorial board

N. Rahmanov (deputy editor in chief), J. Bilbao (Spain), K. Dursun (Norway), N. Bizon (Romania), P. Ilushin (Russia), A Murakami (USA), T. Nurubeyli (executive secretary) Ch. Taplamachioglu (Turkey), N. Tabatabaei (Danmark), N. Yusifbeyli, H. Quliyev, A. Babayeva, T. Khalina (Russia), R. Kalbaliyev, R. Rahmanov (UK), N. Duich (Croatia).

Published by the decision on the Presidium of the Azerbaijan National Academy of Sciences

International Scientific, technical and industrial journal. Published from September, 2000

DOI:10.70784/azip.5.2025303

**МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ РЕЖИМОВ В ЭНЕГОСИСТЕМЕ
“АЗЕРЭНЕРЖИ” С ПОДКЛЮЧЕННЫМИ СОЛНЕЧНЫМИ И ВЕТРОВЫМИ
ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯМИ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ.****¹ГАШИМОВ А.М., ²РАХМАНОВ Н.Р., ³ГУЛИЕВ Г.Б., ⁴ИБРАГИМОВ Ф.Ш.**

¹*Институт Физики Министерства Науки и Образования Азербайджанской Республики,
пр.Г.Джавида, 131, Баку, AZ-1073, Азербайджан,*

²*Азербайджанский научно-исследовательский и
проектно-изыскательский институт энергетики
ard.neriman@gmail.com*

^{3,4}*Азербайджанский технический университет,
huseyngulu@mail.ru
amfanet@mail.ru*

Предложена модель комбинированной выработки мощности солнечными и ветровыми электростанциями, установленными в регионах страны с отличающимися метеорологическими и географическими условиями. На основе данных часовых изменений солнечной радиации, температуры окружающей среды и скорости ветра построены среднесуточные характеристики выработки мощности каждой станции в различные периоды года. Определены доли участия солнечных и ветровых электростанций в покрытии суммарного спроса энергосистемы в течении суток для каждого отдельного периода года. На основе анализа изменения величины отклонения между генерацией от возобновляемых электростанций и мощностью спроса устанавливаются интервалы и величина выработки мощности от источников хранения электрической энергии предусмотренных в энергосистеме в качестве балансирующей станции. Проведён анализ влияния роста установленной мощности ветровых (ВЭС) и солнечных электростанций (СЭС) на величину балансовой мощности энергосистемы. Предложена модель распределения балансовой мощности между регионами, в которых установлены возобновляемые электростанции. Построены зависимости для балансирующей мощности при учёте ограничении по устойчивости напряжения в балансирующей части системе.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, солнечные электростанции, ветровые электростанции, балансирующая мощность, характеристики среднесуточной выработки мощности СЭС и ВЭС, устойчивость по напряжению.

Введение. Развитие возобновляемой энергетики в Азербайджане за последние 10 лет осуществляется масштабным строительством и подключением в энергосистемы солнечных и ветровых электростанций больших мощностей. Наиболее потенциально значимыми видами возобновляемой энергии страны являются солнечная, ветровая и гидроэнергия. Проведенные первичные оценки располагаемого потенциала этих видов возобновляемой энергии составляют примерно от солнечной энергии - 23 ГВт, ветровой энергии – 3 ГВт, гидроэнергии – 520МВт. Согласно разработанным проектам к 2030 году на базе введенных в эксплуатацию возобновляемых электростанций, использующих эти три вида возобновляемой энергии будет выработана электрическая мощность около 30% от суммарной генерации [5-7].

Учитывая наиболее благоприятные условия для развития солнечной энергетики в первую очередь предусмотрено масштабное строительство солнечных электростанций в Нахичеванской автономной Республике и в Районах Карабахского экономического региона. По предварительным наблюдениям определены соответствующие районы с благоприятной солнечной радиацией (табл.1).

Случайный и прерывистый характер выработки мощности ветровыми (ВЭС) и солнечными (СЭС) станциями приводят к необходимости наличия в энергосистеме источника, выполняющего роль балансирования мощности отклонения между

суммарной выработкой от всех источников и суммарным спросом в текущие промежутки времени. В большинстве случаев, в энергосистемах с преимущественной выработкой от тепловых станций в качестве источника балансирования выбирается одна или две из действующих традиционных станций, в которой часть мощности от суммарной генерации выделяется для компенсации избытка или дефицита выработки мощности ветровыми и солнечными станциями системы.

Показатели солнечной радиации районов Азербайджана

Таблица 1

№	Названия района	Площадь, Га	Предполагаемая установленная мощность, МВт	Потенциал солнечной энергии, кВт.ч/м ²
1	Физули	3989	1995	1546
2	Джебраил	1618	809	1618
3	Зангилан	1470	735	1607
4	Губадлы	2000	1000	1622
5	Лачин	1053	527	1347

Выбор величины задаваемой мощности для балансирующей станции даёт возможность оптимально распределять нагрузку между станциями в различные периоды суточного графика, контролировать потокораспределение в электрической сети энергосистемы и тем самым эффективно использовать выработку мощности ВЭС и СЭС.

Предварительные результаты исследований показали, что для энергосистемы Азербайджана в качестве балансирующих станций могут быть рассмотрены газотурбинные станции Ширван и Сумгаит, которые имеют связь к распределительным сетям 110 кВ, кроме того связаны в питающей сети системы по напряжению 220 кВ по линиям. Установлено, что вероятность перегрузки линий в распределительных сетях от колебаний генерации мощности ветростанции и солнечной станции мала, что приводит к незначительному сокращению выработки этими станциями.

Энергосистемы с высокой долей интегрированной ВИЭ [14-18] представляют собой проблему для диспетчеров из-за прерывистости выработки мощности и ограничений в их предсказуемости. В какой-то момент оператор может быть вынужден разрешить уменьшить выработку ветра и солнечных источников, относительно имеющейся в текущий момент генерации. Эта величина уменьшения выработки от преобразования энергии ветра и солнца может рассматриваться как возможность сокращения суммарной генерации в системе. Таким образом ограничения возникают из-за ограничений передачи мощности по питающей сети или балансирование мощностей в распределительной сети между поступающей и потребляемой мощностями [14,15,19]. Поэтому необходимо повысить гибкость энергосистемы, чтобы увеличить выработку ПВИЭ и при этом компенсировать прерывистость выработки мощности этих источников [15,20,21]. Некоторые традиционные электростанции не могут быстро адаптировать управление своей выработкой в системе из-за технических или экономических ограничений [11].

Режимные ограничения связаны со скоростью набора, продолжительностью пуска, а также величиной минимальной нагрузки [15,20,21].

Статическая устойчивость энергосистемы по напряжению, которая в основном ухудшается из-за перегруженности системообразующих ЛЭП или недостаточной обеспеченности электрических сетей существующих традиционных энергосистем средствами регулирования потоками активной и реактивной мощности, сталкивается с новыми проблемами из-за масштабной интеграции переменной возобновляемой генерации [25-28]. В работе предлагается метод оценивания статической устойчивости

напряжения в системе с большой долей выработки мощности ветро и солнечными станциями, исследуется влияние числа работающих ВЭС и СЭС на режим балансирующего источника с целью определения величины, генерируемой им мощности для сохранения устойчивости напряжения.

Модель мощности баланса в энергосистеме с ВИЭ. Интегрирование в энергосистему ВИЭ увеличивает неопределённость генерируемой мощности и совместно с действием неопределённости нагрузки делают невозможным строгого детерминистического описания величины балансовой мощности.

В общем оценку величины балансирующей мощности можно определить из следующего равенства:

$$0 = P_{\text{трад.ист.}}^{t_i} + P_{\text{ВИЭ}}^{t_i} - P_{\text{наг}}^{t_i} - \Delta P^{t_i} + P_{\text{б.м}}^{t_i} \quad (1)$$

Где, $P_{\text{трад.ист.}}^{t_i}$, $P_{\text{ВИЭ}}^{t_i}$ – мощность традиционных и возобновляемых источников в в суточном интервале суточного графика; $P_{\text{наг}}^{t_i}$ – мощность нагрузки в балансирующей части энергосистемы в интервале i ; ΔP^{t_i} – потери в электрической сети; $P_{\text{б.м}}^{t_i}$ – величина балансирующей мощности.

В уравнении (1) $P_{\text{трад.ист.}}$, $P_{\text{ВИЭ}}$, $P_{\text{наг}}$ заданы на основе полученных измерений в длительный период функционирования системы. Величина ΔP , $P_{\text{б.м}}$ – балансирующей мощности и потери в сети являются искомыми параметрами.

Для решения уравнений (1) со стохастическими заданными входными параметрами $P_{\text{трад.ист.}}$, $P_{\text{ВИЭ}}$, $P_{\text{наг}}$ последние задаются пределами их изменений в виде уравнений неравенств, например

$$P_{\text{min,ВИЭ}} \leq P_{\text{ВИЭ}} \leq P_{\text{max,ВИЭ}} \quad (2)$$

$P_{\text{min,ВИЭ}}$, $P_{\text{max,ВИЭ}}$ – устанавливаются на этапе предварительного анализа стохастических переменных $P_{\text{ВИЭ}}$.

Таким образом, оценка значений балансовой мощности $P_{\text{б.м},i}$ в каждом $[0, i]$ интервале сводится к решению стохастической системы уравнений

$$0 = P_{\text{трад.ист.}}^i + P_{\text{ВИЭ}}^i - P_{\text{наг}}^i - \Delta P^i + P_{\text{б.м}}^i$$

При учёте ограничений

$$P_{\text{min,ВИЭ}}^i \leq P_{\text{ВИЭ}}^i \leq P_{\text{max,ВИЭ}}^i$$

Влияния ВИЭ на баланс мощности. Вероятностный подход применительно к задаче определения резерва мощности для баланса между покрытием и спросом вызван прежде всего стохастичностью генерации ВИЭ. Применение стохастического подхода при выборе балансовой мощности связан с вероятностным анализом данных наблюдений скоростей ветра и солнечностей радиации за большой период наблюдений, в получении устойчивой оценке характеристик их распределения, получения прогнозной модели выработки мощности ветровыми установками в исследуемой географической местности и другие параметры. При этом, важно также иметь данные о характере стохастической изменчивости нагрузки системы.

Определение балансовой мощности для установившихся послеаварийных режимов (после отказов её основных элементов – генераторов, линий электропередач) потребует анализа пределов устойчивости состояния системы в этих режимах. Значение баланса в периоды критических состояний в отличие от существующего детерминистического

подхода должен иметь вероятную оценку с учётом неопределённости предполагаемых аварийных состояний. В данной работе предлагается метод статистической оценки предела статической устойчивости напряжения для N-1, N-2 состояний схемы системы.

В работе приводятся результаты расчёта баланса мощности в энергосистеме Азербайджана с различным сочетанием электрических станций с ВИЭ для нормальных и послеаварийных установившихся режимов, и различных состояний аварийных отключений элементов схемы. Учитывая, что базовую часть структуры электрических станций составляют (80% от установленной мощности) тепловые станции, на которых предполагается разместить резерв мощностей для покрытия небаланса от ВИЭ, поэтому очень важным фактором является размещение резерва мощности и определение стратегий управления потокораспределением в сети.

2025 году в систему Азерэнерджи планируется ввести в эксплуатацию три ветростанции: ВЭС «Хызи-Апшерон» мощностью 240 МВт (условно названа ст. Баку); ВЭС «Джануб» 220 МВт (Ленкоран) и ВЭС «Шимал» 240 МВт (Мараза).

Для оценки балансовой мощности и анализа режимов системы Азерэнерджи в связи с вводом вышеуказанных ВИЭ с учетом Гарадагского СЭС проведены моделирование и компьютерные тесты для следующих вариантов схемы:

- в систему подключена ВЭС «Баку»;
- в систему подключена ВЭС «Мараза»;
- в систему подключена ВЭС «Ленкоран»;
- в систему подключена СЭС «Гарадаг»;
- в систему подключена ВЭС «Баку» + СЭС «Гарадаг»;
- в систему подключена ВЭС «Баку» + ВЭС «Ленкоран»;
- в систему подключена ВЭС «Баку» + ВЭС «Мараза»;
- в систему подключена ВЭС «Баку» + ВЭС «Мараза» + СЭС «Гарадаг»;
- в систему подключена ВЭС «Баку» + ВЭС «Ленкоран» + ВЭС «Мараза» + СЭС «Гарадаг».

На рис. 1 приведена структура частей систем Азерэнерджи – балансирующая и синхронная. В синхронной части система «Азерэнерджи» соединена с энергосистемой России линией электропередачи 330 кВ Хачмаз-Дарбанд. По этой линии устраняется небаланс по активной мощности и осуществляется регулирования частоты.

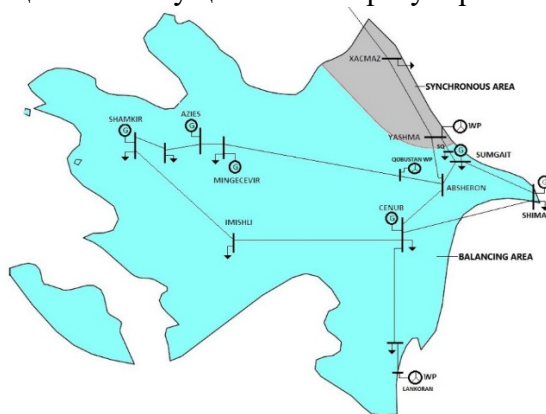
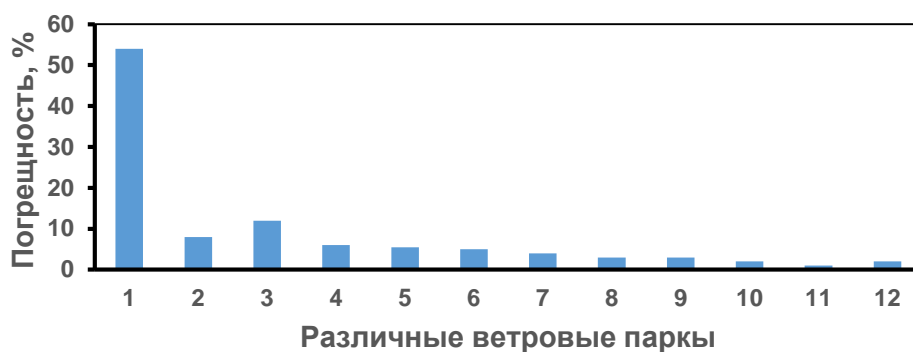


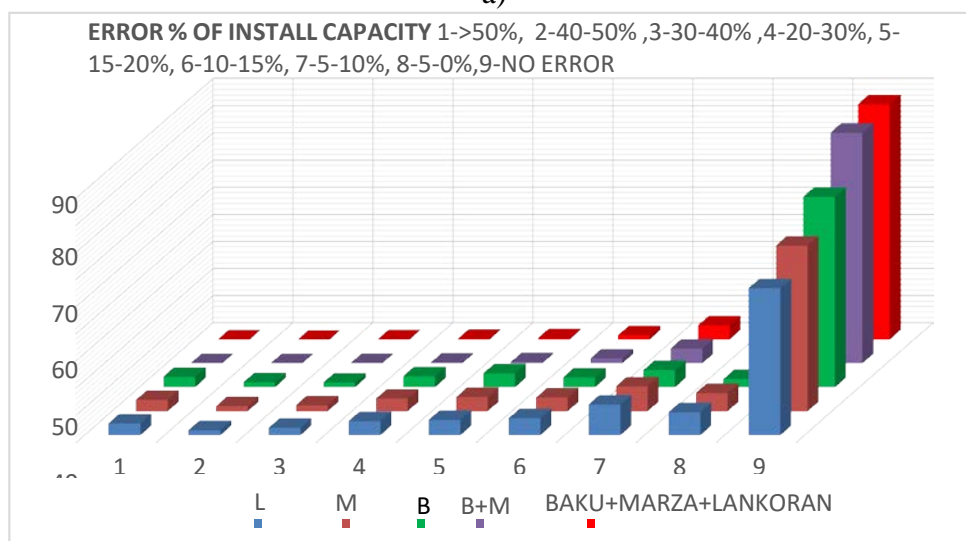
Рис.1. Структура частей систем – балансирующая и синхронная для Азерэнерджи.

На рис. 2,а и 2,б представлен функции распределения вероятности погрешности прогноза мощности ВЭС при различных величинах выработки этой мощности. При решении задачи интеграции возобновляемых источников энергии, при оценке запаса мощности в узлах, к которым они подключены, большое значение имеет правильное определение ошибок прогнозирования мощности их генерации и проявляется в определении балансирующей мощности. Как видно из рис.2, величина погрешности в

разных вариантах подключения ветро и солнечных парков постепенно уменьшается, что снижает погрешность определения балансирующей мощности.



a)



b)

Рис.2. Распределение вероятности погрешности прогноза мощности ВЭС при различных величинах выработки этой мощности.

На рис.3а резерв для балансирования мощности в энергосистеме Азербайджана в случаях установки каждой отдельной ветростанции в местах размещения ВЭС «Баку», ВЭС «Ленкоран» и ВЭС «Мараза». На рис.4 - рис.6 показаны изменение скорости ветра в районах Баку, Мараза и Ленкоран.

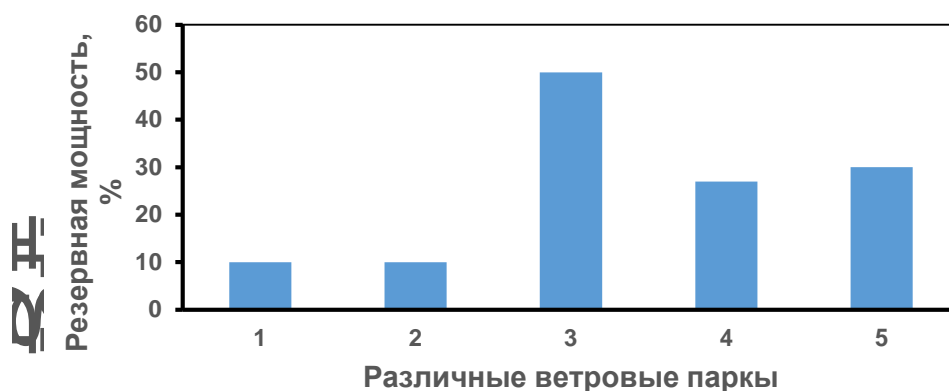


Рис.3. Резерв для балансирования мощности в энергосистеме Азербайджана в случаях установки каждой отдельной ветростанции (Баку, Мараза, Ленкоран) и их сочетаний 1-Ленкоран; 2-Мараза; 3-Баку; 4-Баку+Мараза; 5-Баку+Мараза+Ленкоран.

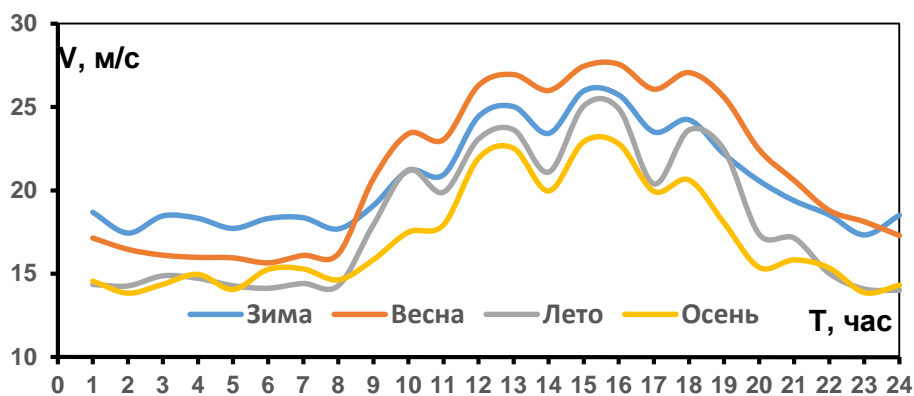


Рис.4. Часовые изменения скорости ветра в районе установки ветростанции Баку.

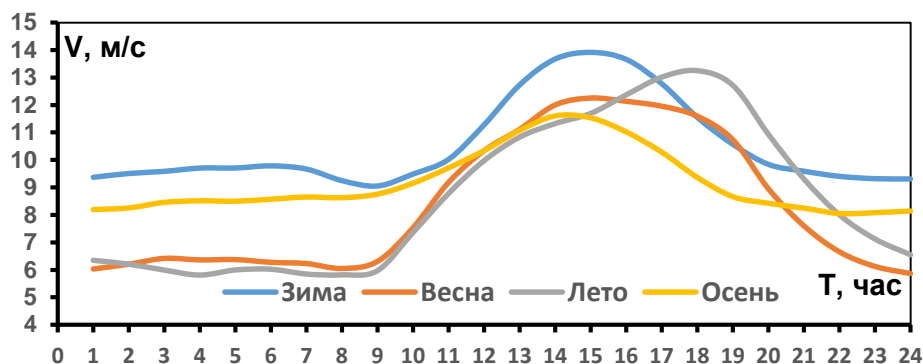


Рис.5. Часовые изменения скорости ветра в районе установки ветростанции Мараза.

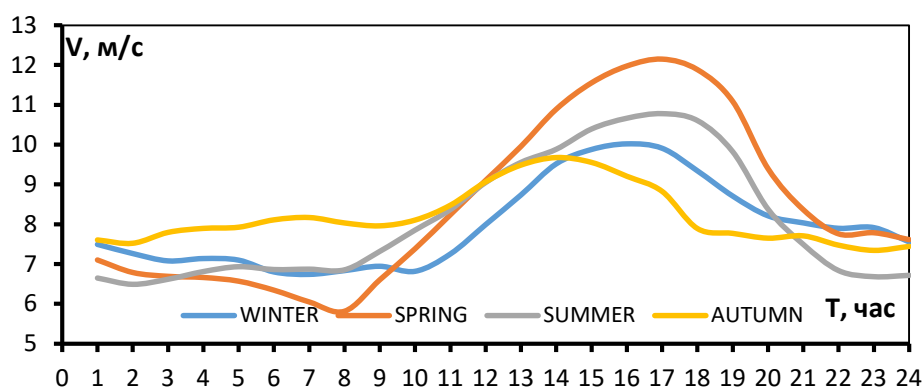
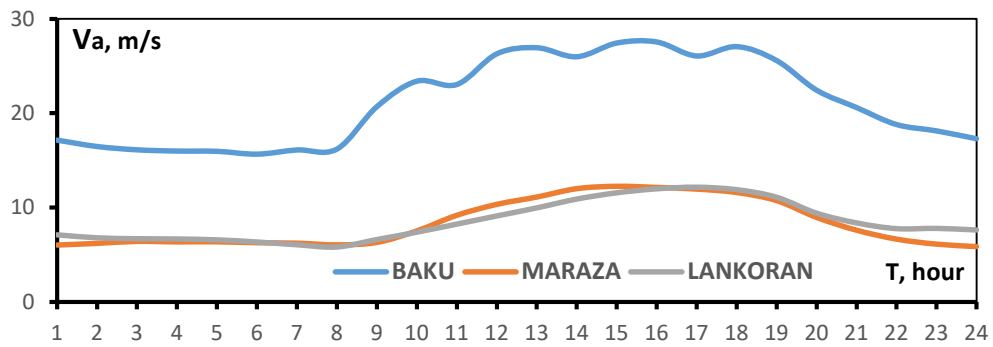
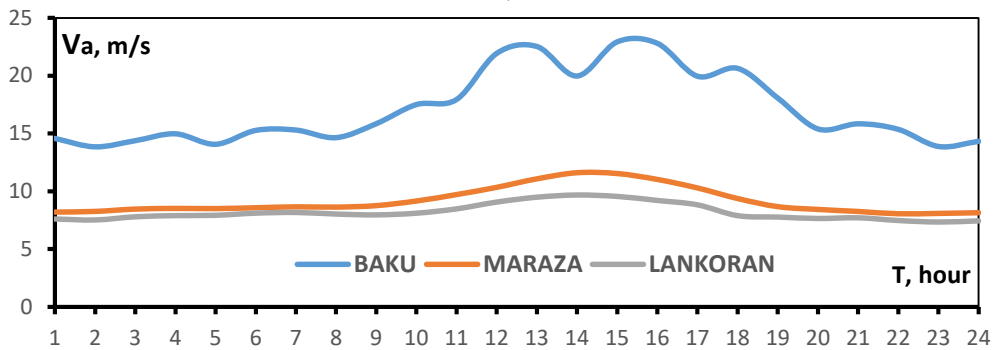


Рис.6. Часовые изменения скорости ветра в районе установки ветростанции Ленкоран.

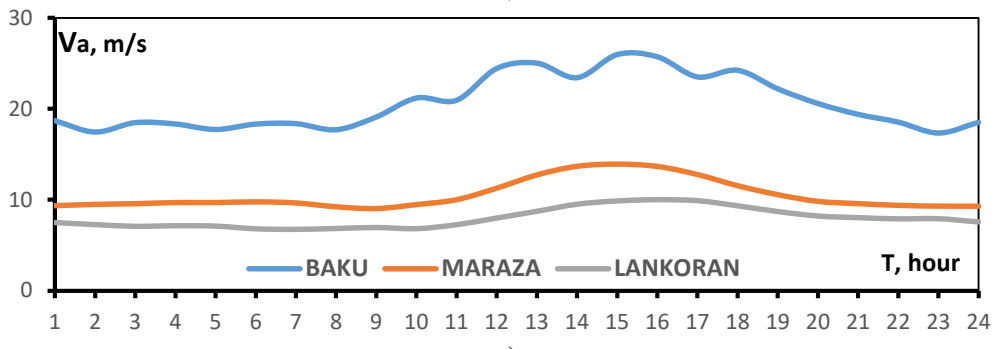
На рис. 7,а,б,в показаны средние сезонные скорости ветра для отдельных регионов, в которых предусмотрены ветроэнергетические установки. Как видно из рисунков, в этих регионах установка ветропарков целесообразна и для интеграции этих станций необходимо проведение соответствующих режимных исследований по устойчивости энергосистемы.



а)



б)



в)

Рис.7. Средние сезонные скорости ветра для выбранных регионов
а - средняя скорость ветра весенний сезон; б - средняя скорость ветра осенний сезон; в - средняя скорость ветра зимний сезон.

На рис.8 представлен средний ветер на высоте 90 м на берегах Каспийском море Азербайджане.

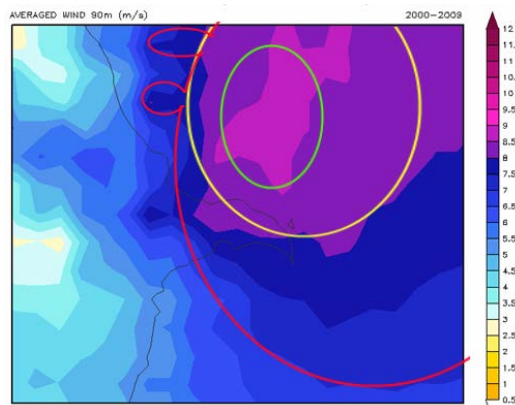


Рис.8. Усредненные значения скорости ветер на высоте 90 м (максимальная скорость ветра обведена зеленым цветом).

На рис.9 показаны зоны активной солнечной радиации для регионов Азербайджана в зависимости от азимута и высоты.

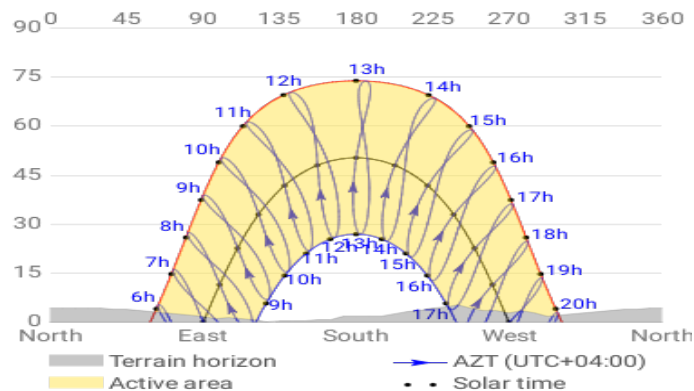


Рис.9. Активная зона солнечной радиации в зависимости от азимута и высоты.

Влияние ВИЭ на статистическую устойчивость. Необходимость анализа влияния ВИЭ на статическую устойчивость энергосистемы в условиях оперативного управления выбранной величиной резерва балансирующей мощности вызвана большой долей генерируемой в систему мощности от ветровых станций (до 20% от установленной в системе традиционных станций). Многолетние наблюдения климатических условий показывают, что в ряде регионов Азербайджана из-за характерной особенности динамики энерго-потенциала скоростей ветра электрическая энергия, произведенная ветротурбинами в некоторые периоды времени может иметь большую амплитуду. В работе для оценки предела устойчивости напряжения в балансирующей части энергосистемы (рис.1) на каждом этапе реализации балансового резерва мощности применен метод последовательного утяжеления режима [13].

На рис.10 представлены кривые зависимости $U - P$ для передачи мощности по ЛЭП 220 кВ в часы вечернего максимума нагрузки. Суммарная выработка от всех ветростанций порядка 340 МВт, что составляет около 10% суммарного спроса системы. Как было установлено ранее [10] при совместной работе трёх ветростанций (ветропарки Баку, Мараза, Ленкоран) суммарный резерв составил около 25% установленной мощности ветростанций ($\approx 80 - 85 \text{ MВт}$).

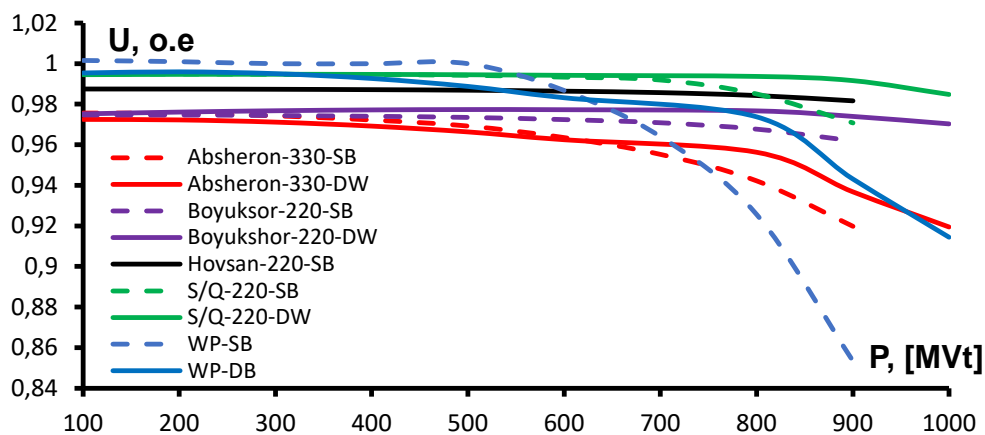


Рис. 10. Кривые зависимости $U - P$ для передачи мощности по ЛЭП 220-330 кВ в часы вечернего максимума нагрузки.

Как видно из кривых рис.3 и рис.10, если суммарная выработка от ветростанций сократится на 30-40%, т.е. более 85 МВт, резерв мощности сохранит напряжение контролируемой электропередачи в пределах допустимого по величине критического напряжения. Как видно, возможен коллапс напряжения в зависимости $U - P$ только для

одной системообразующей линии - линии S/Q-220-SV. Для устранения этого риска возможности нарушение устойчивости по напряжению необходимо принять соответствующие технические меры.

Кроме того, как показано на рис. 10, когда общая интегрированная ветровая и солнечная мощность составляет 930 МВт (240+240+220+230 МВт), соблюдается устойчивость по напряжению по линиям электропередачи (даже для линии S/Q-220-SV в котором находится относительно в утяжеленном состоянии) и обеспечиваются значения напряжения выше $0,97U_{ном}$. Поэтому на первом этапе интеграции крупных мощных ветропарков условие устойчивости по напряжению выполняется во всех узлах энергосистемы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Рост интегрирования ВИЭ увеличивает потребность в резерве мощности для покрытия дефицита баланса между спросом и предложением. Стохастическая изменчивость ВИЭ приводит к необходимости при выборе величины мощности резерва для баланса учёта влияния следующих факторов: погрешности прогноза выработки мощности ветротурбинами и солнечными установками, влияние погрешности в расчётной модели балансирующих резервов, влияние на предельное значение резерва балансирующего отклонение между суммарной генерацией и потреблением.

2. Предлагается подход оценки резерва для балансирования активной мощности в системе с доминантной долей ВИЭ в интервале 30 минутных стохастических изменений генерирующей мощности от ветротурбин и солнечных установок; стохастических изменений нагрузки, случайных аварийных отказах основных объектов схемы – традиционных генераторов и линий электропередач питающей сети. Предлагаемый подход позволяет учесть динамику изменения балансирующей мощности в зависимости от погрешности прогноза расхождения процессов генерации ВИЭ и мощности потребления.

3. На основе расчётно-экспериментальных исследований установлено, что при увеличении числа ВИЭ, подключённых к системообразующей схеме в разных ее узлах потребность в резерве мощности может сократиться существенно. Влияние ВИЭ идентичной мощности в различных местах схемы энергосистемы имеет неодинаковый эффект и величины балансовой мощности, требуемой от их влияния могут значительно разниться.

-
1. *Boyko E, Byk F., Ilyushin P., Myshkina L., Suslov K.* Methods to improve reliability and operational flexibility by integrating hybrid community mini-grids into power systems. *Energy Reports*. 2023. Vol, 9, Pp. 481-494. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.egy.2023.06.038>.
 2. *Byk F.L., Ilyushin P.V., Myshkina L.S.* Forecast and Concept for the Transition to Distributed Generation in Russia. *Studies on Russian Economic Development*. 2022. Vol. 33. pp. 440–446. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1075700722040025>.
 3. *Kulikov A.L., Shepvalova O.V., Ilyushin P.V., Filippov S.P., Chirkov S.V.* Control of electric power quality indicators in distribution networks comprising a high share of solar photovoltaic and wind power stations. *Energy Reports*. 2022. Vol. 8. Pp. 1501–1514. DOI: [10.1016/j.egy.2022.08.217](https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.08.217).
 4. *Tomin N.V., Kurbatsky V.G., Guliyev H.B.* Intelligent Control of a Wind Turbine based on Reinforcement Learning. XVI International Conference on Electrical Machine's, Drives and Power Systems ELMA 2019, IEEE Catalog number CFP19L07-USB, 6-8 June, Varna, Bulgaria, pp.17-22. DOI: [10.1109/ELMA.2019.8771645](https://doi.org/10.1109/ELMA.2019.8771645), <https://ieeexplore.ieee.org/document/8771645/metrics#metrics>

5. *Rahmanov N.R., Guliyev H.B.* Grid Steady State Evaluation for Stochastic Nature of Renewables and Loads. 6 th International Conference on Modern Electric Power Systems (MEPS 2019), 9-12 September 2019, Wroclav, Poland, Publisher: IEEE, Date Added to IEEE Explore: 06 April 2021, DOI: 10.1109/MEPS46793.2019.9395036
6. *Guliyev H.B.* Method for determining the critical parameters of the sustainability of an energy system with integrated renewable energy sources. Rudenko International Conference “Methodological Problems in Reliability Study of Large Energy Systems” (RSES 2022), E3S Web of Conf., Volume 384, 2023, pp.1-5. https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2023/21/e3sconf_rses2023_01006.pdf
7. *Rahmanov N.R., Guliyev H.B., Ibtahimov F.Sh., Mammadov Z.A.* Determination of optimal dimensions of hybrid AC/DC distributed generation system with renewable sources for autonomous power supply of remote locations. E3S Web Conf., Rudenko International Conference “Methodological Problems in Reliability Study of Large Energy Systems” (RSES 2024), Vol.584, 2024, pp.1-6. DOI: [10.1051/e3sconf/202458401020](https://doi.org/10.1051/e3sconf/202458401020)
8. IEA (2014a) Advancing variable renewables-grid integration and the economics of flexible power system. International Energy Agency, Paris 2014a, 726 p., <https://iea.blob.core.windows.net/assets/e6f58562-203e-474c-97a3-486f409aa7ff/WEO2014.pdf>
9. *Рахманов Н.Р., Курбацкий В.Г., Гулиев Г.Б., Томин Н.В.* Краткосрочное прогнозирование выработки мощности ветроэнергетических установок для обеспечения надёжности электрических сетей // Труды Международного Научного семинара им. Ю.Н.Руденко “Методические вопросы исследования надёжности больших систем энергетики”. Актуальные проблемы надёжности систем энергетики. Выпуск 66, Минск, 2015, с.397-404.
10. *Рахманов Н.Р., Гулиев Г.Б., Ибрагимов Ф.Ш.* Моделирование процесса выработки ветростанцией при прогнозировании режима покрытия мощности нагрузки в энергосистеме во внутри суточных циклах // Проблемы энергетики, № 3, Баку, 2015, с.3-11.
11. *Grubb M.* Value of variable sources on power system. IEE Pros: Gener. Transm Distrib.1991; 138 (2), p. 65-149.
12. UNECE (Renewable Energy Status Report) 2017, pp.98, https://unece.org/DAM/energy/se/pp/renew/Renewable_energy_report_2017_web.pdf
13. *Hirth L., Ziegenhagen In.* Balancing power and variable Renewables: Three links / Renewable and Sustainable Energy Reviews, 50 (2015), p.1035-1051, <https://neon.energy/Hirth-Ziegenhagen-2015-Balancing-Power-Variable-Renewables-Links.pdf>.
14. *Guerra K., Haro P., Gutierrez R.E., Gomez - Barec.* Facing the high share of variable renewable energy in the Power System: flexibility and stability requirements // Journal Applied Energy, Elsevier, Vol. 310(C), <https://ideas.repec.org/a/eee/appene/v310y2022ics0306261922000460.html>.
15. European Commission, EG3 Report : Regulatory recommendations for the development of flexibility, Smart Grid Force, 2015, pp.93, https://projects2014-2020.interregeurope.eu/fileadmin/user_upload/tx_tevprojects/library/EG3%20Final%20-%20January%202015.pdf.
16. *Spiegel T.* “Impact of Renewable Energy Expacion to the Balancing Energy Demand of Different Balancing Groups”. Journal of Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems (2018), Vol. 6., Issue 4. pp. 784-799.
17. *Holttinen H., Milligan M., Ela E., Menemenlis N., Dobchinski J., Rawn B., Bessa R.J., Flynn D., Gomes-Lazaro E., and Detlezsen N.K.* Methodologies to determine operating reserves due to increased wind power, IEEE Transactions on Sustainable Energy, Vol.3, No. 4, pp. 713-723, 2012.

18. *Brener C., Engelhardt C., and Moser A.* “Expectationbased reserve capacity demensioning in power system with an increasing intermittent feed-in”, in 2013 10th International Conference on the European Energy Market (EEM), IEEE ,2013, pp.1-7.
19. *Matos M.A., and Bessa R.J.* Setting the operating reserve using probabilistic wind power forecasts // *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 26, *Iss. 2*, May 2011, p.594-603, <https://ieeexplore.ieee.org/document/5565529>.
20. *Cognet, Sylvain, Tracy Wilkison.* Balancing services in Europe. HIS Cera decision brief; 2013.
21. *Рахманов Н.Р., Гулиев Г.Б.* Применение модели нейронной сети для оценки текущего значения предела устойчивости электрической системы по напряжению // *Электричество*, №4,2015, с.4-11.
22. *Ajjarapu V., and A. Christy C.* The continuation power flow: A tool for steady state voltage stability analysis, *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol.7., No.1, Feb. 1992, pp. 416-423.
23. *Holtinen H. et al.* Design and operation of power system with large amounts of wind power, Final Resort, IEA wind Task 25, 2006-08, January 2009, Publisher: VTT Tiedotteita - Research Notes 2493, Editor: VTT/Julkaisiga (Ed.), ISBN: 9789513873097.
24. *Rahmanov N.R., Guliyev H.B., Ibrahimov F.Sh., Mammadov Z.A.* Optimal Sizing of Hybrid AC/DC Distributed Generation Systems with On-Site Renewables for Off-Grid Power Supply to Remote Areas. *Energy Systems Research*, Vol. 7, No. 4, 2024, pp.76-83. DOI: <https://doi.org/10.25729/esr.2024.04.0010>.
25. *Гашимов А.М., Рахманов Н.Р., Гулиев Г.Б., Ибрагимов Ф.Ш.* Методология идентификации типичных сценариев агрегированной выработки мощности ветровыми и солнечными электростанциями с учётом метеорологических условий регионов их интегрирования. *Электрические станции*, Москва, 2025, №9, с.41-50, DOI: 10.71841/EP.elst.2025.1130.9.05.
26. *Hashimov A.M., Rakhmanov N.R., Tabatabaei N.M., Guliyev H.B., Rakhmanov R.N., Ibrahimov F.Sh.* Study on complementarity of hybrid wind and solar PV power plant using small river hydro resources. *IJTPE Journal International Journal on Technical and physical problems of engineering (IJTPE)*, *Iss. 64*, Vol. 17, No.3, September 2025, pp.213-221.
27. *Rahmanov N.R., Guliyev H.B., Ibrahimov F.Sh.* Methodology for determining typical scenarios of total electricity generation by green sources reducing the risk of disruption of balance reliability. *Reliability: Theory & Applications*, Vol.20, No.3(86), USA, San Diego, September 2025, pp.192-205.

**AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASININ ENERJİ SİSTEMİNDƏ KÜLƏK
VƏ GÜNƏŞ ELEKTRİK STANSİYALARININ İNTEQRASIYA
VƏ İSTİFADƏSİNİN AKTUAL MƏSƏLƏLƏRİ**

HƏŞİMOV A.M., RƏHMANOV N.R., QULİYEV H.B., İBRAHİMOV F.Ş.

Bu məqalə inteqrasiya olunmuş bərpaolunan enerji mənbələrinin böyük payı ilə Azərbaycanın enerjisisteminə güc balanslaşdırılması qabiliyyətinin miqyasının qiymətləndirilməsi metodologiyasının işlənilib hazırlanmasına həsr edilmişdir. Bu məqsədlə külək və günəş elektrik stansiyalarının artan quraşdırılmış gücünün enerjisistemin balans gücünə təsirinin, eləcə də sistemdə fəaliyyət göstərən külək və günəş elektrik stansiyalarının müxtəlif kombinasiyaları üçün onun dəyişkənliyinin təsadüfi xarakteristikası ilə bağlı təhlillər aparılmışdır. Tipik enerjisisteminin kritik yük şəraitində balans həcminin paylanmasının həyata keçirilməsi imkanları nəzərdən keçirilmişdir. Azərbaycan enerjisistemi nümunəsində hazırlanmış proqramlar vasitəsilə bu stansiyaların müxtəlif kombinasiyaları hallarında sistemin rejimlərinin simulyasiyası üçün külək və günəş elektrik stansiyalarının coğrafi yerləri üçün əldə

edilmiş küləyin sürəti və günəş radiasiyasının real ölçülərindən istifadə edilmişdir. Balanslaşdırma gücündən asılılıqlar qurulmuş, bu gücün azaldılması şərtləri, habelə sistemin balanslaşdırıcı hissəsində onun məhdudlaşdırıcı şərtlər daxilində gərginliyin dayanıqlığı şərtləri müəyyən edilmişdir.

Açar sözlər: enerjisistem, bərpaolunan enerji mənbələri, balanslaşdırıcı güc, enerjisistemin dayanıqlığının kritik şərtləri, elektrik şəbəkəsində güc axınının paylanması, modelləşdirmə, gərginliyə görə dayanıqlıq.

TOPICAL ISSUES OF INTEGRATION AND OPERATION OF WIND AND SOLAR POWER PLANTS IN THE ENERGY SYSTEM OF THE REPUBLIC OF AZERBAIJAN

HASHİMOV A.M., RAHMANOV N.R., GULİYEV H.B., İBRAHİMOV F.SH.

This paper is devoted to the development of a methodology for estimating the magnitude of balancing capacity in the Azerbaijani power system with a large share of integrated renewable energy sources (RES). To this end, an analysis was conducted of the impact of increasing installed capacity of wind and solar power plants (WPPs) on the balance capacity of the power system, as well as the random characteristics of its variability for various combinations of wind and solar power plants operating in the system. The possibilities of implementing balance capacity distribution under typical critical power system load conditions were considered. Using the Azerbaijan power system as an example, wind speed and solar radiation measurements obtained for the geographic locations of wind and solar power plants were used to simulate system modes for various combinations of these plants using developed programs. Dependencies for balancing power were constructed, conditions for reducing this power, as well as conditions for limiting it based on voltage stability in the balancing part of the system, were determined.

Keywords: power system, renewable energy sources, balancing power, critical power system conditions, power flow distribution in the electric network, modeling, voltage stability.

DOI:10.70784/azip.5.2025315

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ И ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ БОЛЬШИХ ОБЪЕМОВ ВИЭ В ЭНЕРГОСИСТЕМУ АЗЕРБАЙДЖАНА

АЛИЗАДЕ Р.Р.

*Азербайджанский Научно-Исследовательский и
Проектно-Изыскательский Институт Энергетики
rena_alizade@mail.ru*

В статье рассмотрены современные тенденции наращивания мощностей возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в мире и в Азербайджане. Особое внимание уделено национальной политике Азербайджана в области устойчивой энергетики, включая солнечную и ветровую энергетику, а также реализуемым проектам в сфере ВИЭ. Отражены ключевые факторы, способствующие надежному переходу к «зелёной» энергетике.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, солнечная энергия, энергия ветра, производство электроэнергии

Введение. Стремление уменьшить уровень загрязнения окружающей среды и сохранить запасы нефти и газа подталкивают правительства многих стран развивать альтернативную энергетику. Чтобы выполнить соглашение COP29 об утроении возобновляемой энергии к концу этого десятилетия, ежегодный прирост возобновляемых источников энергии (ВИЭ) должен составить не менее 320 ГВт к 2030 году. Для достижения этих результатов, каждая из стран находит свои пути, используя географические и климатические преимущества для производства чистой энергии [1].

Однако внедрение больших мощностей переменного и непредсказуемого потока энергии (ВИЭ) требует модернизации и адаптации существующих электросетей.

Сбои и аварии в энергосистемах, вызванные прерывистостью производства энергии, сложностью интеграции ВИЭ в существующую сеть, привело к масштабным отключениям электроэнергии, наносящим ущерб экономике и социальной сфере.

Наращивание мощностей ВИЭ в мире

Доля возобновляемых источников энергии в глобальной энергетической и электроэнергетической структуре постоянно растет на протяжении многих лет.

Согласно ежегодному отчету Международного энергетического агентства (IEA) о возобновляемой энергии за 2024 год, благодаря поддерживающей политике и благоприятным экономическим условиям ожидается значительный рост глобальных мощностей возобновляемой энергии к 2030 году [2].

Увеличение доли возобновляемых источников энергии в общем объеме производства частично объясняется фактическим выводом из эксплуатации электростанций на основе ископаемого топлива в Европе, Северной Америке и – впервые – в Евразии (Армении, Азербайджане, Грузии, Российской Федерации и Турции). Общий объем прироста мощностей на ископаемых видах топлива снизился с 64 ГВт в 2019 году до 70 ГВт в 2023 году, подчёркивая продолжающуюся тенденцию снижения объемов прироста мощностей на ископаемых видах топлива [3].

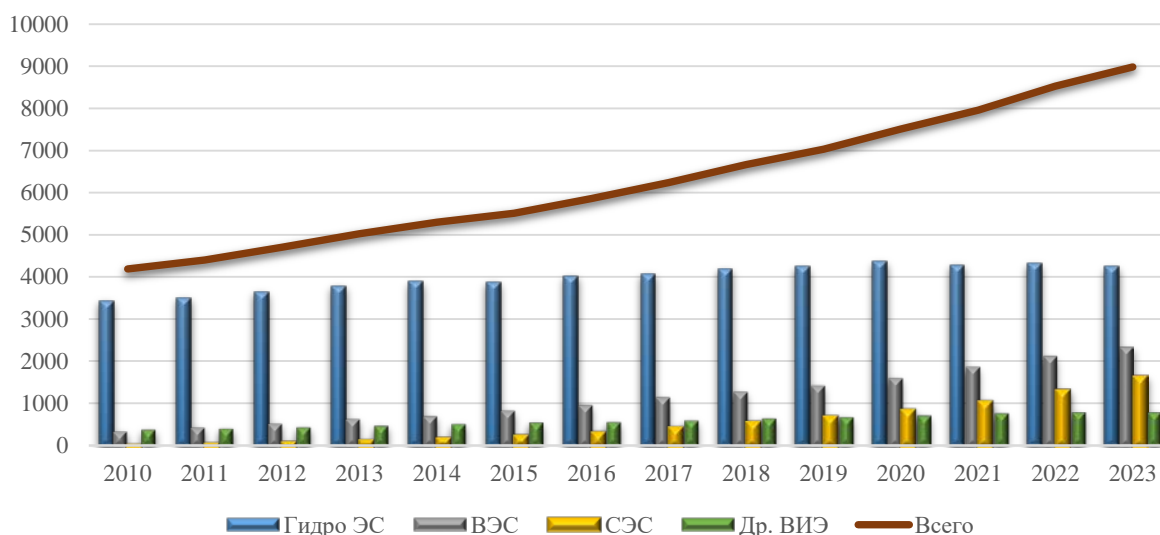


Рис. 1 Производство электроэнергии на ВИЭ по миру, ТВт·ч.

На рис.1 показана диаграмма производства электроэнергии на ВИЭ по их компонентам — гидроэнергетика, солнечная энергетика, ветровая энергетика и другие виды возобновляемых источников энергии. Как видно из диаграммы, за рассматриваемый период гидроэнергетика доминирует над другими видами энергии. Однако ветровая и солнечная энергетика демонстрируют высокие темпы роста.

Около 60% мировой выработки возобновляемой энергии в 2023 году приходится на долю Китая, США, Бразилии, Канады и Индии [3].

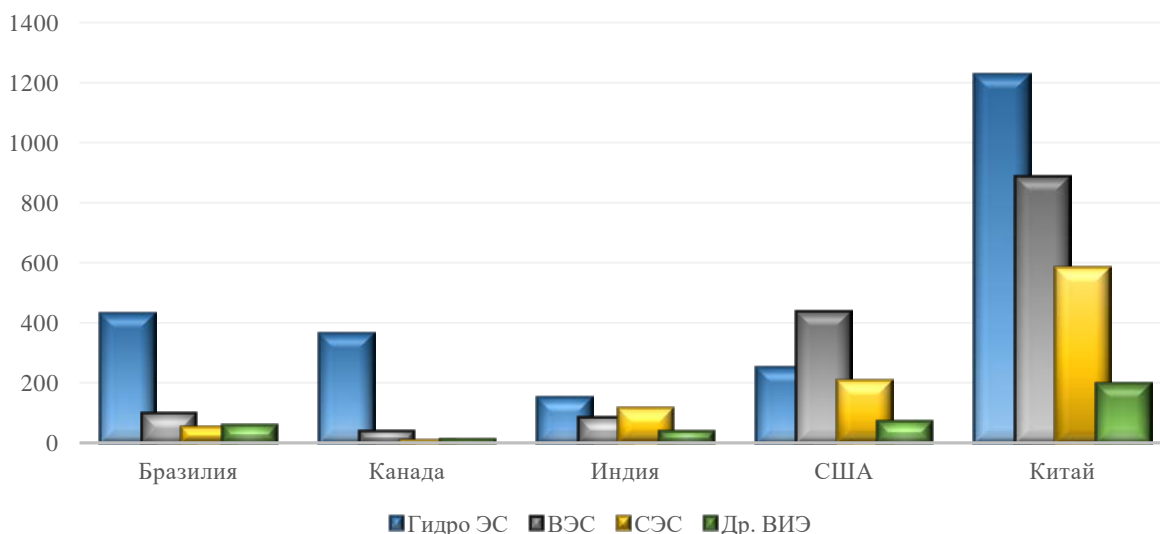


Рис. 2. Лидеры в производстве электроэнергии на ВИЭ.

Согласно отчетам Bloomberg NEF (BNEF), в 2023 году почти 91% чистого прироста энергетических мощностей во всем мире пришелся на солнечную и ветряную энергию — по сравнению с 83% в 2022 году — и 6% на ископаемое топливо, что является самым низким показателем за всю историю [4].

По данным Международного энергетического агентства (МЭА), в 2023 году совокупные инвестиции в возобновляемые источники энергии превысили 570 млрд долларов, что превысили объем затрат на ископаемое топливо. 80% от всех вложений на ВИЭ приходится на долю солнечной и ветровой энергетике [2].

В первой половине 2024-го года инвестиции в ветроэнергетику достигли 90,7 миллиарда долларов, что на 11% ниже, чем за аналогичный период 2023 года. Особенно

заметный спад наблюдался в области использования ветроэнергетики в морских регионах. Наземная ветроэнергетика часто сталкивается с проблемами подключения к сетям и получением разрешений, но ветровые проекты продолжают развиваться, хотя и не с такой скоростью, как солнечная энергетика [5,6].

Инвестиции в солнечную энергетiku в первой половине 2024-го года достигли 221 миллиарда долларов для малых и коммунальных объектов, но появились признаки того, что темпы роста замедляются, поскольку менее дорогие модули означают меньший объем инвестиций для получения той же мощности, а проблемы с электросетями начинают тормозить некоторые рынки.

В последние десятилетия Китай стал мировым лидером в развитии возобновляемых источников энергии. Это связано с огромным спросом на энергию, обусловленным сильным экономическим ростом и индустриализацией страны.

Ветровая и солнечная энергия, в частности, находятся в центре стратегии Китая. В настоящее время Китай обладает крупнейшими установленными мощностями ветровой и солнечной энергии, а также масштабно расширяет мощности гидроэнергетики. Хотя добыча и сжигание ископаемого топлива по-прежнему составляют значительную часть энергоснабжения Китая, доля возобновляемых источников энергии в производстве электроэнергии в стране продолжает расти.

По объёму инвестиций в более чем 280 млрд долларов, Китай является абсолютным лидером, несмотря на снижение стоимости оборудования на 4%. Китай производит более 70% мировых солнечных панелей и активно экспортирует технологии [7].

Вторым по объёму инвестиций в 90 млрд долларов стал США. В 2022 году, после принятия Закона о снижении инфляции Inflation Reduction Act (IRA), полугодовой объем инвестиций в США вырос на 63 %. Эта страна является мировым лидером по производству био-топлива, в частности био-дизельного топлива и био-этанола.

Несмотря на то, что Соединенные Штаты Америки исторически являются одной из ведущих промышленных стран, производство энергии которых долгое время в значительной степени зависело от нефти, природного газа и угля, вышли на 2-е место по развитию энергетики с использованием ВИЭ.

Начиная с 2010-го года, размер инвестиций в развитие альтернативной энергетики в Индии варьируется в пределах от 5,11 до 11,9 млрд евро в год. Всего 5 лет назад в Индии хотели построить гигантскую тепловую электростанцию мощностью 14 ГВт, работающую на угле, но этим планам не суждено было сбыться и сегодня правительство Индии реализует проект по созданию объектов, работающих за счет энергии солнца, суммарной мощностью 100 ГВт.

Наращивание мощностей ВИЭ в Азербайджане

Развитие возобновляемых источников энергии остается одним из приоритетов государственной энергетической политики Азербайджана. Благодаря богатому потенциалу солнечной и ветряной энергии, в стране ведется активная работа по привлечению иностранных инвестиций в этот сектор. За последние несколько лет были подписаны соглашения с ведущими международными игроками отрасли, такими как Masdar (ОАЭ) и ACWA Power (Саудовская Аравия), для строительства в Азербайджане солнечных (СЭС) и ветровых электростанций (ВЭС) [8,9].

Особое место в списке значимых событий 2024 года занимает проведение в Баку рамочной конференции COP29, на которой наряду с основными вопросами борьбы с изменениями климата, были также достигнуты стратегические договоренности в области развития “зеленой” энергии.

По данным Министерства энергетики, экономический потенциал Азербайджана в области возобновляемых источников энергии оценивается в 27 ГВт [10]:

- ветровая энергия на суше 3 ГВт;
- солнечная энергия 23 ГВт;

- биоэнергия 0,38 ГВт;
- энергия горных рек 0,52 ГВт.

Общая мощность вырабатываемой в Азербайджане электроэнергии составляет 8320,8 МВт, из которых 1650 МВт - это мощность электростанций, использующих возобновляемые источники энергии, в том числе крупных гидроэлектростанций. Мощность гидроэлектростанций составляет 1301 МВт, ветряных электростанций - 66,45 МВт (8 станций, из них 2 гибридные), биоэнергетики - 38,7 МВт (2 станции, из них 1 гибридная), солнечной энергетики - 281,9 МВт (13 станций, из них 2 гибридные). В 2023 году была запущена Гарадагская СЭС мощностью 230 МВт. Станция построена за счет иностранных инвестиций в размере 262 миллионов долларов США и стала первой в стране солнечной электростанцией промышленного масштаба, созданной с привлечением иностранных инвестиций.

В 2023 году производство электроэнергии на ветряных и солнечных электростанциях, а также на заводе по сжиганию твердых бытовых отходов составило 359,1 млн. кВт·ч. За год ветряные электростанции выработали 55,4 млн. кВт·ч электроэнергии, солнечные электростанции — 80,7 млн. кВт·ч, завод по сжиганию твердых бытовых отходов — 223 млн. кВт·ч электроэнергии, а суммарное производство электроэнергии гидроэлектростанций, включая малые ГЭС составило 1763 млн. кВт·ч. (рисунок 3) [11].

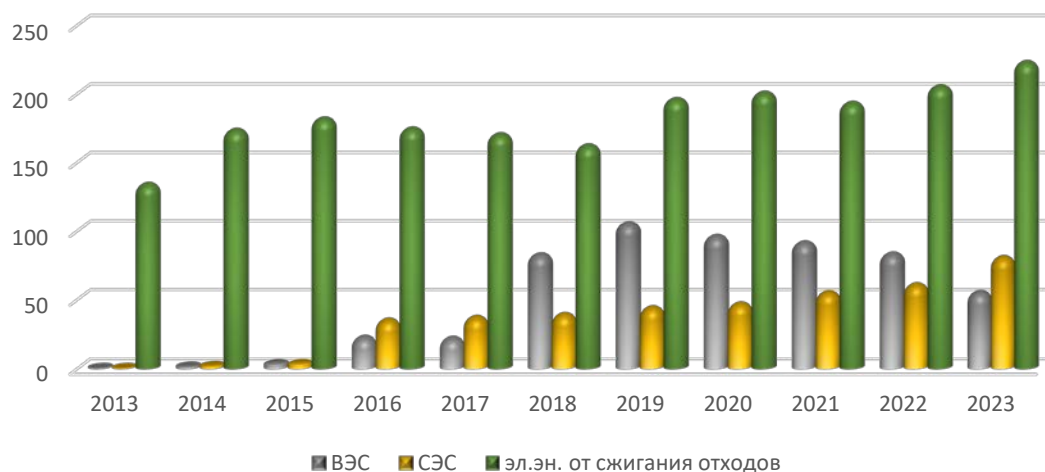


Рис.3 Производство электроэнергии, млн кВт·ч.

Особое внимание уделяется реализации проектов возобновляемой энергетики на освобожденных территориях Азербайджана [10,12].

Карабах и Восточный Зангезур, обладающие большим потенциалом в плане возобновляемых источников энергии, имеют стратегическое значение с точки зрения создания энергетических объектов для производства экологически чистой энергии. Развитие возобновляемых источников энергии в этих регионах будет способствовать быстрому восстановлению и экономическому возрождению этих регионов, а также привлечению дополнительных инвестиций, созданию новых рабочих мест и созданию устойчивой и энергоэффективной инфраструктуры, которая будет поддерживать будущий рост и устойчивое развитие всей страны.

Первым промышленным проектом в области солнечной энергетики и крупнейшим проектом прямых иностранных инвестиций на освобожденных территориях стало строительство солнечной электростанции «Шафаг» мощностью 240 МВт.

Азербайджан нацелен на увеличение доли возобновляемой энергии в энергетическом балансе страны до 30% к 2030 году. По данным министерства энергетики, технический потенциал ВИЭ Азербайджана составляет 135 ГВт на суше (солнечная, ветровая и гидроэнергетика) и 157 ГВт на море (в основном морская ветроэнергетика в Каспийском море).

Проблемы наращивания ВИЭ

В мировой практике, в зависимости от доли ВИЭ в общем производстве электроэнергии, выделяют четыре этапа функционирования энергосистемы. Первый – доля электроэнергии на ВИЭ менее 3%. В этом случае ввод ВИЭ не влияет на работу энергосистемы. Второй – доля ВИЭ до 13% от общего объема выработки электроэнергии. В этом случае варьирование нагрузки ВИЭ регулируют регулирующими электростанциями. Третий этап – доля ВИЭ может достигать 25%. В этом случае, при наборе и сбросе нагрузки, выработка электроэнергии плохо прогнозируема. Системные операторы должны развивать механизмы компенсации, такие как создание систем накопления электроэнергии, расширение пропускной способности сети, поддержание в готовности резервных мощностей в традиционной генерации. Четвертый этап, когда доля ВИЭ составляет от 25% до 50%, стабильность энергосистемы становится актуальной. Энергосистема должна быть способна противостоять возмущениям ВИЭ в очень короткие сроки, т.к. энергосистема практически полностью переходит на возобновляемые источники энергии [13].

С проблемами потери мощности ВИЭ столкнулись Испания и Португалия.

Начиная с 2010-го года установленная мощность ВИЭ в Испании стремительно увеличилась с 42 ГВт до 88 ГВт в 2024-ом году, при этом доля ВИЭ в выработке электроэнергии составила 57%. В Португалии за тот же период доля возобновляемой генерации выросла с 53% до 85%. При этом установленная мощность тепловых, атомных и гидроэлектростанций сохранилась практически на том же уровне.

В апреле 2025 года в Испании и Португалии произошла крупная авария в энергосистеме, в результате которой произошло массовое отключение электроэнергии. Около 60% спроса на электроэнергию, было потеряно в системе всего за пять секунд. Одна из версий причин аварии была резкая потеря генерации на юго-западе страны, где большая часть электростанций солнечные.

В Великобритании летом 2019-го года также произошла системная авария. Причиной инцидента стало возникновение цепной реакции из-за системных проблем энергетической сети. После отключения ветровой электростанции Hornsea offshore windfarm мощностью 1,2 ГВт, сработала автоматическая система контроля. В результате отключились две электростанции, что привело к падению частота в сети до 48,88 Гц [14].

ВЫВОДЫ

Солнечные и ветряные электростанции, в отличие от традиционных электростанций, подвержены риску резких скачков генерации. Это может привести к резким колебаниям частоты и напряжения, что приведет к полной потере генерации. При вводе больших объемов генерации ВИЭ, для надежного и бесперебойного энергоснабжения, необходимо решить ряд задач:

- новые технологии, обеспечивающие стабильность в энергосистеме,
- специальные системы регулирования напряжения и устранения перегрузок в распределительных сетях у конечных потребителей.
- строительство ЛЭП и т.д.

1. *Alizade R.R., Nasibov V.X.* Operation modes of the power system of Azerbaijan under conditions of penetration of large volumes of RES // E3S Web of Conferences RSES. – 2024. -584, 01044. - p.1-4.
2. IEA World Energy Outlook 2024.
3. *Hannah Ritchie, Max Roser, and Pablo Rosado* Renewable energy sources are growing quickly and will play a vital role in tackling climate change
<https://ourworldindata.org/renewable-energy>

4. Bloomberg NEF Energy Transition Factbook 2024, Prepared for the 15th Clean Energy Ministerial Meeting
5. *Mustafayev, R.I., Gasanova, L.G.* An investigation of the dynamics of a wind power unit equipped with synchronous generators with permanent magnets // Russian Electrical Engineering. – 2015. - T.86, № 5. – p. 258-263.
6. *Hasanova, L.H.* Compensation of Reactive Power of Squirrel-Cage Asynchronous Generators, Used in Wind Power Plants and Small Hydroelectric Power Stations. // IFAC (International Federation of Automatic Control) Hosting by Elsevier Ltd. All rights reserved. Peer review under responsibility of International Federation of Automatic Control. – 2018. - p. 462-467.
7. <https://eenergy.media/news/28289>
8. *Nasibov V.X., Alizade R.R.* Comparative analysis of the trend in the stability and efficiency of the performance of energy sector of Azerbaijan // E3S Web of Conferences RSES. – 2020. Volume 216
9. *Yusifbayli N.A., Alizade R.R.* Economic Principles of Cross-Border Power Flow Control // Energy System Research. – 2025. - Vol. 8 No. 1. - p. 51-56
10. Министерство Энергетики Азербайджана
<https://minenergy.gov.az/az/elektroenergetika/azerbaycan-energetika-sisteminde-ve-musteqil-fealiyyet-gosteren-elektrik-stansiyalarinin-siyahisi>
11. The State Statistical Committee of the Republic of Azerbaijan, <https://www.stat.gov.az/>
12. ОАО Азербэнержи, <https://www.azerenerji.gov.az/>
13. Getting Wind and Sun onto the Grid A Manual for Policy Makers
https://iea.blob.core.windows.net/assets/1b5de86e-4499-4ae7-84b6-948bc2ca2759/Getting_Wind_and_Sun.pdf
14. <https://cepconsult.com/ru/news/v-energeticheskoy-sisteme-velikobritanii-proizoshla-sistemnaya-avariya/>

BƏRPA OLUNAN ENERJİ MƏNBƏLƏRİNİN İNKİŞAF PERSPEKTİVLƏRİ VƏ AZƏRBAYCAN ENERJİ SİSTEMİNƏ BÖYÜK HƏCMDƏ BƏRPA OLAN ENERJİ MƏNBƏLƏRİNİN TƏTBİQ EDİLMƏSİ PROBLEMLƏRİ

ƏLİZADƏ R.R.

Məqalədə dünyada və Azərbaycanda bərpa olunan enerji potensialının artırılması üzrə mövcud tendensiyalar araşdırılır. Azərbaycanda dayanıqlı enerjiyə, o cümlədən günəş və külək enerjisi sahəsində milli siyasətə, bərpa olunan enerji sahəsində həyata keçirilən layihələrə xüsusi diqqət yetirilir. “Yaşıl” enerjiyə etibarlı keçidi şərtləndirən əsas amillər öz əksini tapıb.

Açar sözlər: bərpa olunan enerji, günəş enerjisi, külək enerjisi, elektrik enerjisi istehsalı.

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF RENEWABLE ENERGY SOURCES AND PROBLEMS OF INTRODUCING LARGE VOLUMES OF RENEWABLE ENERGY SOURCES INTO THE ENERGY SYSTEM OF AZERBAIJAN

ALIZADE R.R.

The article examines current trends in increasing renewable energy capacity in the world and in Azerbaijan. Particular attention is paid to the national policy of Azerbaijan in the field of sustainable energy, including solar and wind energy, as well as ongoing projects in the field of renewable energy. Key factors contributing to a reliable transition to "green" energy are reflected.

Keywords: renewable energy, solar energy, wind energy, electricity production.

DOI:10.70784/azip.5.2025321

ИННОВАЦИОННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ПАРОТУРБИНОЙ ГЕНЕРАЦИИ В УСЛОВИЯХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПЕРЕХОДА

EYYUBOVA K.S.

*Mingəçevir Dövlət Universiteti, D.Əliyev küçəsi, 21 Mingəçevir,
AZ4500 Azərbaycan, BAKI ş.
kemale.eyyubova.77@mail.ru*

В статье рассмотрены современные инновационные направления развития паротурбинной генерации в контексте глобального энергетического перехода. Проанализированы технологические решения по повышению эффективности паротурбинных установок, снижению выбросов и интеграции с возобновляемыми источниками энергии. Особое внимание уделено цифровизации процессов управления и экологической устойчивости, включая технологии улавливания и хранения углекислого газа, а также переходу на альтернативные виды топлива. Приведены примеры успешных проектов и даны рекомендации по развитию отрасли в условиях новых вызовов энергосистемы.

Ключевые слова: Паротурбинная генерация, энергетический переход, инновационные технологии, цифровизация, улавливание углекислого газа, возобновляемые источники энергии, экология, повышение КПД.

Введение

Современные вызовы энергетического перехода требуют от энергетических систем гибкости, устойчивости и минимизации воздействия на окружающую среду. Паротурбинные установки, являясь основой тепловой энергетики, играют ключевую роль в обеспечении стабильности энергоснабжения. Однако для соответствия новым требованиям необходимо внедрение инновационных технологий и подходов [1, 4]. В Азербайджане паротурбинная генерация используется преимущественно на тепловых электростанциях, которые обеспечивают стабильное и регулируемое энергоснабжение страны. Основные объекты с паротурбинными установками включают:

1. *Азербайджанская ТЭЦ-1 и ТЭЦ-2* — теплоэлектроцентрали, работающие на природном газе, где паротурбинные установки играют ключевую роль в выработке электроэнергии и тепла для бытовых и промышленных нужд.
2. *Азербэнерго* — государственная компания, управляющая большинством электростанций, в том числе паротурбинными, которые обеспечивают баланс между возобновляемыми источниками и потреблением энергии.
3. *Проекты модернизации и интеграции с ВИЭ* — в Азербайджане разрабатываются инициативы по увеличению доли возобновляемой энергии (ветровой и солнечной), при этом паротурбинные установки остаются важным резервом и обеспечивают стабильность электросети в периоды низкой выработки ВИЭ.
4. *Индустриальные зоны и крупные предприятия* — многие используют собственные паротурбинные установки для комбинированной выработки электроэнергии и тепла, что повышает энергоэффективность производства.

Таким образом, паротурбинная генерация в Азербайджане играет важную роль в обеспечении надёжного и гибкого энергоснабжения, дополняя и балансируя возобновляемые источники энергии в рамках энергетического перехода [4].

1. Технологическая модернизация паротурбинных установок - это комплекс технических мероприятий, направленных на повышение эффективности, надёжности и экологичности работы турбин. Основные направления включают замену изношенных компонентов, улучшение аэродинамики проточной части, модернизацию вспомогательного оборудования, повышение параметров пара и внедрение автоматизированных систем

управления. В результате снижается расход топлива, увеличивается КПД и продлевается срок службы установки.

- *Повышение КПД и снижение выбросов*

Одним из приоритетных направлений является повышение коэффициента полезного действия (КПД) паротурбинных установок и снижение выбросов парниковых газов. Для этого применяются новые материалы, устойчивые к высоким температурам, а также технологии, позволяющие улавливать и перерабатывать углекислый газ [3].

- *Интеграция с возобновляемыми источниками энергии*

С целью повышения гибкости энергосистемы паротурбинные установки интегрируются с возобновляемыми источниками энергии, такими как солнечные и ветровые электростанции. Это позволяет эффективно компенсировать их переменную выработку и обеспечивать стабильное энергоснабжение [1, 4].

2. Цифровизация и автоматизация процессов - это внедрение современных цифровых технологий и автоматизированных систем управления для повышения эффективности, точности и надёжности работы оборудования. Основные задачи: мониторинг в реальном времени, удалённое управление, снижение влияния человеческого фактора и переход к предиктивному обслуживанию. Это позволяет оптимизировать производственные процессы, сократить издержки и повысить общую производительность.

- *Внедрение цифровых технологий*

Использование цифровых технологий, таких как Интернет вещей (IoT), большие данные и искусственный интеллект, позволяет мониторить и оптимизировать работу паротурбинных установок в реальном времени. Это способствует повышению надёжности и эффективности их эксплуатации [2].

- *Прогнозирование и управление*

Применение алгоритмов машинного обучения для прогнозирования потребности в энергии и управления режимами работы паротурбинных установок позволяет более точно соответствовать требованиям энергосистемы и снижать потери энергии [2].

3. Экологическая устойчивость и социальная ответственность — это принципы, направленные на минимизацию негативного воздействия на окружающую среду и улучшение качества жизни общества. Включают снижение выбросов, рациональное использование ресурсов, внедрение экологических технологий, заботу о здоровье и безопасности сотрудников, а также поддержку местных сообществ. Эти меры способствуют долгосрочному развитию предприятия и укрепляют его репутацию.

- *Снижение воздействия на окружающую среду*

Внедрение технологий улавливания и хранения углекислого газа (CCS), а также переход на более чистые виды топлива, такие как водород, способствует снижению воздействия паротурбинных установок на климатические изменения [3].

- *Социальная ответственность*

Развитие паротурбинной генерации также включает в себя аспекты социальной ответственности, такие как обеспечение безопасных условий труда, повышение квалификации работников и участие в социальных проектах [1].

4. Примеры успешных проектов

- *Модернизация в России*

Компания «Интер РАО» реализует проекты по модернизации паротурбинных установок с использованием отечественных технологий, что способствует повышению их эффективности и снижению зависимости от импортного оборудования [1].

- *Инклюзивный подход в Азербайджане*

В Азербайджане разрабатываются проекты, направленные на развитие как традиционной, так и альтернативной энергетики, что способствует диверсификации энергетического баланса и повышению устойчивости энергосистемы [4].

Польза инновационных направлений в развитии паротурбинной генерации:

1. **Повышение эффективности:**
Современные технологии позволяют существенно увеличить КПД паротурбинных установок за счет улучшения материалов, оптимизации конструкции турбин и интеграции с современными системами управления.
2. **Снижение выбросов и экологическая безопасность**
Инновационные решения способствуют уменьшению выбросов углекислого газа и других загрязнителей, что важно в условиях стремления к устойчивому развитию и соблюдению климатических соглашений.
3. **Интеграция с возобновляемыми источниками энергии**
Паротурбинные установки становятся более гибкими и адаптируемыми, что позволяет использовать их в гибридных энергосистемах вместе с солнечной и ветровой энергетикой.
4. **Увеличение срока службы и надежности**
Использование новых материалов и технологий мониторинга состояния оборудования помогает снизить аварийность и снизить расходы на ремонт и обслуживание.
5. **Снижение эксплуатационных затрат**
6. **Автоматизация процессов и улучшение проектных решений** позволяют сократить эксплуатационные издержки, что делает паротурбинные установки более экономически выгодными.

Сравнительные характеристики современных паротурбинных установок

Таблица 1.

Параметр	Традиционные установки	Модернизированные установки	Инновационные решения
КПД (%)	38–42	44–47	48–52
Выбросы CO ₂ (г/кВт·ч)	700–800	400–500	< 300
Время запуска (мин)	30–40	20–25	10–15

В таблице приведено сравнение трёх типов паротурбинных установок – традиционных, модернизированных и инновационных решений – по ключевым параметрам, влияющим на их эффективность, экологичность и оперативность работы.

1. **КПД (%)**

Традиционные установки имеют эффективность в диапазоне 38–42%, что соответствует базовому уровню паротурбинной генерации прошлых десятилетий. Модернизированные установки демонстрируют улучшение КПД до 44–47% благодаря применению более совершенных материалов и технологий. Наибольшие показатели эффективности — 48–52% — достигаются в инновационных решениях, которые включают передовые методы проектирования, улучшенные материалы и системы управления.

2. **Выбросы CO₂ (г/кВт·ч)**

Показатель выбросов углекислого газа существенно снижается по мере совершенствования технологий. Традиционные установки выделяют 700–800 граммов CO₂ на киловатт-час, что существенно превышает современные экологические нормы. Модернизированные установки снижают выбросы до 400–500 г/кВт·ч. Инновационные решения позволяют уменьшить выбросы до менее чем 300 г/кВт·ч, что способствует достижению целей по декарбонизации и снижению негативного воздействия на климат.

3. **Время запуска (мин)**

Время запуска установки отражает её гибкость и способность быстро реагировать на изменение нагрузки. Традиционные установки требуют 30–40 минут для выхода на рабочий режим, что ограничивает их применение в системах с высокой долей

возобновляемых источников энергии. Модернизированные установки сокращают время запуска до 20–25 минут. Наиболее передовые инновационные решения позволяют снизить время запуска до 10–15 минут, что значительно повышает адаптивность энергосистемы и улучшает баланс спроса и предложения.

Данные таблицы демонстрируют очевидную тенденцию повышения эффективности и экологичности паротурбинных установок при одновременном улучшении их оперативных характеристик. Это делает инновационные решения особенно важными в условиях современного энергетического перехода, когда растёт потребность в гибких и чистых источниках энергии.

Для более полного анализа современных паротурбинных установок было расширено сравнение с учётом дополнительных важных параметров — стоимости установки, срока службы и требований к техническому обслуживанию (Таблица 2).

Стоимость установки

Традиционные паротурбинные установки характеризуются сравнительно невысокой стоимостью, что обусловлено применением базовых материалов и технологий. Модернизированные установки требуют увеличенных капиталовложений в связи с использованием улучшенных компонентов и автоматизированных систем. Инновационные решения имеют наибольшую стоимость, обусловленную применением передовых материалов, цифровых систем управления и комплексных технологий контроля состояния оборудования. Несмотря на более высокую цену, такие установки обладают более высокой экономической эффективностью за счёт роста КПД и снижения затрат на топливо.

Срок службы

Улучшенные материалы и технологические решения позволяют увеличить эксплуатационный ресурс паротурбинных установок: традиционные имеют срок службы порядка 25–30 лет, модернизированные — 30–35 лет, а инновационные — до 35–40 лет. Это уменьшает частоту капитальных ремонтов и улучшает экономическую эффективность эксплуатации.

Требования к техническому обслуживанию

Традиционные установки требуют стандартного комплекса плановых ремонтов и замены изнашиваемых деталей. Модернизированные системы обладают более сложной конструкцией, что увеличивает требования к квалификации обслуживающего персонала. Инновационные решения включают сложные цифровые системы мониторинга и диагностики, что требует высококвалифицированных специалистов и современного сервисного оборудования. При этом такие системы позволяют снизить риски аварий и сократить время простоев.

(Таблица 2)

Параметр	Традиционные установки	Модернизированные установки	Инновационные решения
КПД (%)	38–42	44–47	48–52
Выбросы CO ₂ (г/кВт·ч)	700–800	400–500	< 300
Время запуска (мин)	30–40	20–25	10–15
Стоимость установки (млн \$)	50–70	70–90	90–120
Срок службы (лет)	25–30	30–35	35–40
Требования к техническому обслуживанию	Средние	Повышенные	Высокие

Расширенный анализ демонстрирует, что инновационные направления в развитии паротурбинной генерации обеспечивают комплексное улучшение показателей: повышение эффективности и экологичности, сокращение времени запуска, увеличение срока службы, а также повышение требований к обслуживанию, что в итоге способствует более устойчивой и экономичной работе энергосистемы в условиях энергетического перехода.

На рисунке 1. Представлена схема интеграции паротурбинной установки с возобновляемыми источниками энергии. На схеме показана паротурбинная установка, подключённая к ветровой и солнечной электростанции через систему управления и аккумуляторные батареи. Система управления регулирует нагрузку и переключается между источниками энергии в зависимости от их доступности и потребностей энергосистемы. Стрелки указывают направления потоков энергии:

- Из ВЭС и СЭС — в общую сеть и/или в аккумуляторы.
- При недостатке ВИЭ — ПТУ увеличивает производство электроэнергии.
- При избытке ВИЭ — ПТУ снижает нагрузку, аккумуляторы заряжаются.

Цель схемы: показать, как паротурбинная установка работает в комплексе с возобновляемыми источниками для обеспечения стабильного и экологически чистого энергоснабжения.

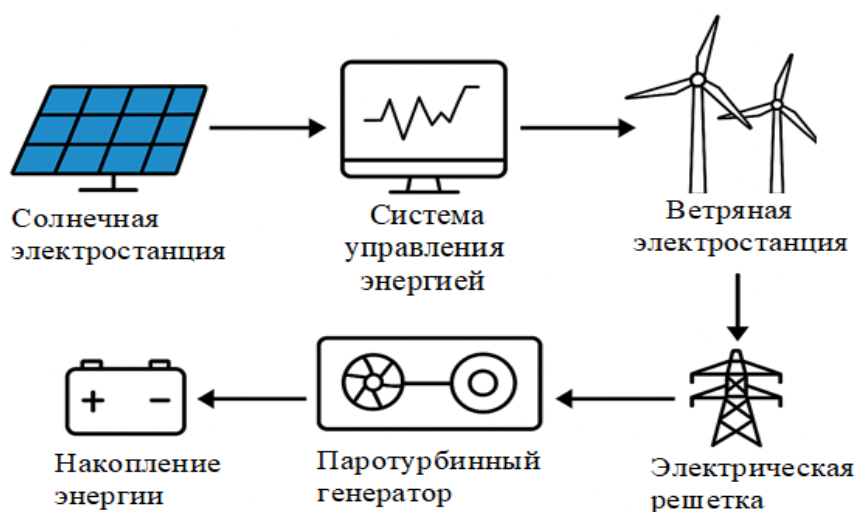


Рис.1. Схема интеграции паротурбинной установки с возобновляемыми источниками энергии.

Практическая часть.

Инновационные решения и расчёты для повышения эффективности паротурбинной генерации:

1. Повышение термического КПД турбины

Основная формула для расчёта КПД цикла Ренкина:

$$\eta = \frac{W_{\text{полезн.}}}{Q_{\text{вход}}} = \frac{h_1 - h_2}{h_1 - h_4}$$

где: h_1 - энтальпия пара на входе в турбину
 h_2 - энтальпия пара на выходе из турбины
 h_4 - энтальпия конденсата после конденсатора

Инновации:

- Использование более высоких параметров пара (например, 600°C, 25 МПа).
- Внедрение промежуточного перегрева пара (двухступенчатого).
- Применение новых лопаток с улучшенной аэродинамикой.

2. Увеличение выработки за счёт регенерации

Формула расчёта экономии топлива за счёт регенерации:

$$Q_{\text{реген.}} = Q_{\text{начальный}} - \sum_{i=1}^n q_i$$

где q_i - теплота, сэкономленная за счёт каждого подогревателя регенерации.

Инновации:

- Многоступенчатая регенерация (6–8 ступеней).

- Использование цифрового управления подогревом.

3. Моделирование паротурбинной установки с цифровым двойником

Создание цифрового двойника турбины позволяет:

- В режиме реального времени рассчитывать КПД:

$$\eta_{\text{расчет}}(t)=f(h_1(t), h_2(t), T_{\text{конденсата}}(t))$$

- Предсказывать износ узлов на основе датчиков вибрации, температуры, давления.

Пример формулы для оценки деградации лопатки по времени:

$$D(t)=D_0 \cdot e^{at}$$

где: $D(t)$ - текущая степень износа,

A - коэффициент старения материала,

T - время работы.

4. Оценка сокращения выбросов CO_2 при модернизации

Формула расчёта снижения выбросов CO_2 :

$$\Delta CO_2=(q_{\text{до}}-q_{\text{после}}) \cdot EF$$

где: Q - удельный расход топлива (ГДж/МВт·ч)

EF - эмиссионный фактор топлива (кг CO_2 /ГДж)

Инновации:

- Переход с угля на природный газ.

- Частичная интеграция с ВИЭ (например, использование пара от солнечных коллекторов).

5. Интеграция с парогазовыми установками (ПГУ)

Эффективность ПГУ рассчитывается как:

$$\eta_{\text{ПГУ}}=\frac{W_{\text{газ}}+W_{\text{пар}}}{Q_{\text{топл}}}$$

где: $W_{\text{газ}}$ - мощность газовой турбины

$W_{\text{пар}}$ - мощность паровой турбины

$Q_{\text{топл}}$ - тепловой эквивалент топлива

Инновации:

- Использование низкотемпературных тепловых накопителей.

- Управление ПГУ через ИИ и предиктивные алгоритмы.

Таким образом инновационные подходы в паротурбинной генерации позволяют:

- Повысить КПД на 5–10%

- Снизить расход топлива до 15%

- Уменьшить выбросы CO_2 на 20–25%

- Увеличить надёжность и срок службы оборудования

Выводы

- Паротурбинная генерация остается важной составляющей энергетической системы, несмотря на рост доли возобновляемых источников, благодаря своей надежности и способности обеспечивать базовую нагрузку.
- Инновации направлены на повышение экологичности и эффективности, что соответствует глобальным трендам энергетического перехода и сокращения углеродного следа.
- Гибкость паротурбинных установок возрастает, позволяя лучше балансировать энергосистему при увеличении доли нестабильных ВИЭ.

- Будущее за комплексным подходом, включающим цифровизацию, использование новых материалов, интеграцию с возобновляемой энергетикой и улучшение циклов работы.

Заклучение

Инновационные направления в развитии паротурбинной генерации являются ключевыми для обеспечения устойчивого энергетического перехода. Технологическая модернизация, цифровизация процессов и внимание к экологической устойчивости позволяют эффективно интегрировать паротурбинные установки в современные энергосистемы. Примеры успешных проектов подтверждают эффективность выбранных подходов и служат ориентиром для дальнейшего развития отрасли [1–4].

1. *Иванов И.И., Петров П.П.* Современные технологии повышения эффективности паротурбинных установок // Энергетика. - 2023. - №4. - с. 45–52.
2. *Смирнова А.В., Кузнецов В.Н.* Цифровизация в энергетике: возможности и вызовы // Теплоэнергетика. - 2024. - т. 68, №2. - С. 100-110.
3. *Johnson M., Lee H.* Carbon Capture Technologies for Power Plants // Renewable Energy Journal. - 2022. - Vol. 45. - p. 123-136.
4. World Energy Council. Global Energy Transitions Outlook //2023.-URL: <https://www.worldenergy.org/energy-transitions>

ENERJİ KEÇİDİ ŞƏRAİTİNDƏ BUXAR TURBİNLİ GENERASIYANIN İNNOVATİV İNKİŞAF İSTİQAMƏTLƏRİ

EYYUBOVA K.S.

Bu məqalə qlobal enerji keçidi kontekstində buxar turbinlərinin yaradılmasında müasir innovativ inkişafı araşdırır. Buxar turbin qurğularının səmərəliliyinin artırılması, emissiyaların azaldılması və bərpa olunan enerji mənbələri ilə inteqrasiyanın texnoloji həlləri təhlil edilir. İdarəetmə proseslərinin rəqəmsallaşdırılmasına və ekoloji dayanıqlığa, o cümlədən karbon tutma və saxlama texnologiyalarına, həmçinin alternativ yanacaq keçidə xüsusi diqqət yetirilir. Uğurlu layihələrdən nümunələr verilir, enerji sisteminin qarşısında duran yeni çağırışlar şəraitində sənayenin inkişafı üçün tövsiyələr verilir.

Açar sözlər: Buxar turbininin istehsalı, enerji keçidi, innovativ texnologiyalar, rəqəmsallaşma, karbon tutma, bərpa olunan enerji mənbələri, ekologiya, səmərəliliyin artırılması.

INNOVATIVE DIRECTIONS FOR THE DEVELOPMENT OF STEAM TURBINE GENERATION IN THE CONTEXT OF THE ENERGY TRANSITION

EYYUBOVA K.S.

This article examines modern innovative developments in steam turbine generation in the context of the global energy transition. Technological solutions for increasing the efficiency of steam turbine units, reducing emissions, and integrating with renewable energy sources are analyzed. Particular attention is paid to the digitalization of management processes and environmental sustainability, including carbon capture and storage technologies, as well as the transition to alternative fuels. Examples of successful projects are provided, and recommendations for the industry's development are offered in the face of new challenges facing the energy system.

Keywords: Steam turbine generation, energy transition, innovative technologies, digitalization, carbon capture, renewable energy sources, ecology, efficiency improvement.

DOI:10.70784/azip.5.2025328

THE EFFECT OF A STRONG ELECTRIC FIELD ON THE PHYSICAL PROPERTIES OF SINGLE CRYSTAL'S SOLID SOLUTIONS OF THE InSe - SmSe SYSTEM.

ISMAILOV A.A., RUSTAMOVA L.V., ISMAILOV A.A., SHIRINOV M.M.

*Azerbaijan Technical University, Baku – 1143, H.Javid Ave. - 25
Institute of Physics, Ministry of Science and Education of Azerbaijan,
Baku – 1143, H.Javid Ave. – 131.
delta.60@mail.ru*

The temperature dependences of the current-voltage characteristic in the region of strong electric fields in layered $\text{In}_{0.93}\text{Sm}_{0.07}\text{Se}$ single crystals are studied. It is shown that the current in the nonlinear region of the current-voltage characteristic is due to the Frenkel thermal-field effect. The Frenkel coefficients are determined at $T=110\text{K}$ $\beta=5 \cdot 10^{-2}[\text{cm/V}]^{1/2}$, at $T=200\text{K}$ $\beta=6.3 \cdot 10^{-2}[\text{cm/V}]^{1/2}$, at $T=294\text{K}$ $\beta=5.9 \cdot 10^{-2}[\text{cm/V}]^{1/2}$, the trap concentrations are $N_t=5.83 \cdot 10^{15}\text{cm}^{-3}$, $N_t=6.18 \cdot 10^{14}\text{cm}^{-3}$, $N_t=2.4 \cdot 10^{14}\text{cm}^{-3}$, respectively. The shapes of the potential well of the electron trap are respectively $\varphi(x) = 1 \cdot 10^{-2} \text{ eV}$, $\varphi(x) = 2.56 \cdot 10^{-2} \text{ eV}$, $\varphi(x) = 3.33 \cdot 10^{-2} \text{ eV}$. The mean free path of current carriers turned out to be respectively: $\lambda=4.74 \cdot 10^{-6} \text{ cm}$, $\lambda=1.1 \cdot 10^{-5} \text{ cm}$, $\lambda=1.3 \cdot 10^{-5} \text{ cm}$.

Keywords: frenkel thermal-field effect, trap concentrations, rare earth elements, potential wells, mean free paths.

Introduction

InSe crystals belong to the layered crystals of the A^3B^6 group. Due to their unique properties, these crystals are suitable for creating solar cells [1,2], optical modulators [3,4], X-ray detectors [5], devices for radioactive measurements in nuclear reactors [6,7], pressure sensors [8].

According to [9], rare earth elements (REE) in semiconductors have low solubility and cleaning ability, which are associated with a decrease in the concentration of uncontrolled impurities and an increase in the mobility of charge carriers. Replacing indium atoms with REE atoms in crystals leads to an increase in the number of donor-type levels, which creates conditions for the formation of n-type conductivity.

Experiment and discussion of results

In InSe, the coordination number of In atoms is 4, and the coordination number of Se atoms is 3. Accordingly, 4-coordinated In atoms form a tetrahedral bond with 3-coordinated Se atoms. Some In atoms are hybridized with sp^3 based on sp^2 electrons [7]. To study the electrophysical properties, it is necessary to obtain homogenic samples of $\text{In}_{0.93}\text{Sm}_{0.07}\text{Se}$. We used the direct synthesis method. To obtain these materials, we used elements with the following brands: In 000, Se B-3, Sm M-1. Chemical elements In, Se, Sm were crushed and immersed in quartz ampoules, which were evacuated to pressure of 10^{-5} Pa . The speed of movement of the ampoule in the furnace was 0.3 cm/h . To measure the current-voltage characteristics, contacts to the samples were created with silver paste to the opposite surfaces (sandwich structures). The thickness of the studied single crystals was $200 \mu\text{m}$, and the contact areas were equal to $2 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^2$. For low-temperature studies, the samples were placed in a special cryostat operating in liquid nitrogen vapors. The temperature was measured with a chromel-copel thermocouple, the junction of which was on the surface of the sample. The temperature dependences of the current-voltage characteristic (CVC) in the region of strong electric fields in solid solutions $\text{In}_{0.93}\text{Sm}_{0.07}\text{Se}$ at different temperatures were determined (Fig.1). The Frenkel's coefficients were determined at different temperatures and the dependences of the current density on voltage are shown on Fig.2.

It is known that the Frenkel's coefficient is determined by the formula $\sigma=\sigma_0\exp(\beta\sqrt{F})$

Where σ is the electrical conductivity, β is the Frenkel's coefficient.

These data are in good agreement with the theory of thermionic ionization of the Frenkel's coefficient [10]. β is calculated using the following formula.

$$\beta = \frac{\sqrt{e^3}}{KT\sqrt{\pi\epsilon_0\epsilon}}, \quad (1)$$

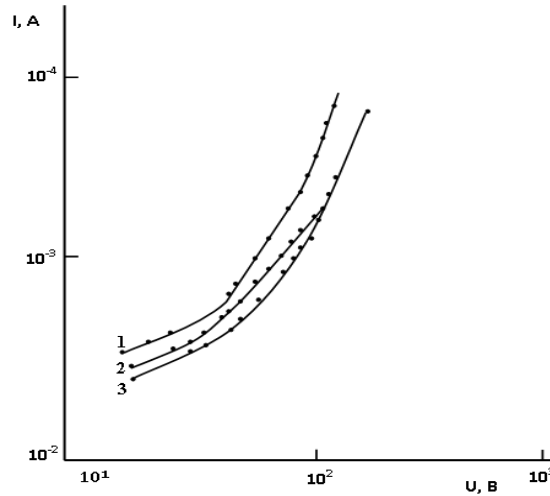


Fig. 1. I-V characteristics of $\text{In}_{0.93}\text{Sm}_{0.07}\text{Se}$ solid solutions at different temperatures. Curves 1, 2 and 3 are determined at temperatures $T_1=294\text{K}$, $T_2=200\text{K}$, $T_3=100\text{K}$.

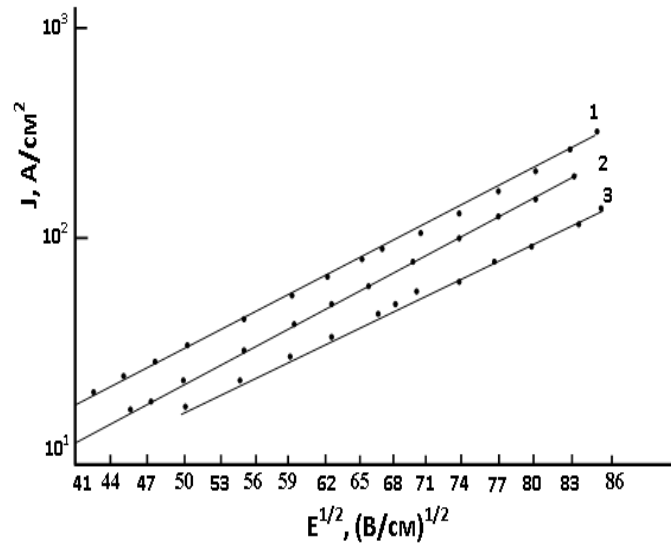


Fig. 2. Frenkel's coefficients at different temperatures, T, K : 1-294, 2-200, 3-100.

Where e is the electron charge, ϵ is the permittivity, ϵ_0 is the permittivity, k is the Boltzmann's constant, and T is the absolute temperature. The agreement between these data and the Frenkel's theory developed in [11] allows us to estimate accurately the trap concentration in $\text{In}_{0.93}\text{Sm}_{0.07}\text{Se}$ solid solutions. The following formula exactly determines the trap concentrations:

$$N_t = \left(\frac{2e}{KT\beta} \sqrt{F_{cr}} \right)^3, \quad (2)$$

Under the action of F_{cr} , Ohm's law is violated.

The trap concentrations for different temperatures are shown in the table. To determine the shape of the potential well in solid solutions, we estimated the potential energy function (Fig. 3).

The estimates of potential wells for different temperatures are shown in the table.

Given the shape of the potential energy curve for interaction with a specific center, information can be obtained on the structure of the centers, the capture. From the work [12] it is shown that electrons leave the center, at the condition $E > E_0 - \Delta U$, where E_0 is the depth of the level in which the electrons are localized, ΔU is the decrease in the potential barrier in the electric field. It is necessary that the electrons retain energy until the moment when it passes the saddle point and does not lose its thermal collisions. This takes place only in those cases when the mean free path of the electron is greater than the effective dimensions of the potential well. In this case, the mean free path of the current carriers is determined by the formula [12].

The mean free path of the electron λ in $\text{In}_{0.93}\text{Sm}_{0.07}\text{Se}$ single crystals was calculated from the experimental data, which is shown in the table.

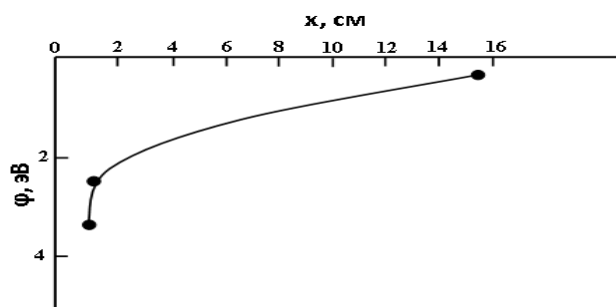


Fig. 3. Dependences of the potential well of electron benches on the distance of impurity states in the solid solution $\text{In}_{0.93}\text{Sm}_{0.07}\text{Se}$ at different temperatures $T = (294, 200, 100 \text{ K})$.

Some electrical parameters of $\text{In}_{0.93}\text{Sm}_{0.07}\text{Se}$ single crystals

Table

T, K	$\beta, (\text{cm/V})^{1/2}$	N_t, cm^{-3}	λ, cm	φ, eV
100	$5 \cdot 10^{-2}$	$5,83 \cdot 10^{15}$	$4,74 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-2}$
200	$6,3 \cdot 10^{-2}$	$6,18 \cdot 10^{14}$	$1,1 \cdot 10^{-5}$	$2,56 \cdot 10^{-2}$
294	$5,9 \cdot 10^{-2}$	$2,4 \cdot 10^{14}$	$1,3 \cdot 10^{-5}$	$3,33 \cdot 10^{-2}$

Conclusions

It was shown that in $\text{In}_{0.93}\text{Sm}_{0.07}\text{Se}$ single crystals the I-V characteristics in the region of strong fields correspond to the fact that the current in the nonlinear region of the volt-ampere characteristic is caused by Frenkel's effect. The Frenkel's coefficients are determined at temperatures $T_1=294\text{K}$, $T_2=200\text{K}$, $T_3=100\text{K}$. $\beta=5.9 \cdot 10^{-2}[\text{cm/V}]^{1/2}$, $\beta=6.3 \cdot 10^{-2}[\text{cm/V}]^{1/2}$, $\beta=5 \cdot 10^{-2}[\text{cm/V}]^{1/2}$, accordingly, the trap concentrations at temperatures $T_1=294\text{K}$, $T_2=200\text{K}$, $T_3=100\text{K}$, $N_t=5.83 \cdot 10^{15}\text{cm}^{-3}$, $N_t=6.18 \cdot 10^{14}\text{cm}^{-3}$, $N_t=2.4 \cdot 10^{14}\text{cm}^{-3}$, accordingly, the shapes of the potential well of the electron trap in the $\text{In}_{0.93}\text{Sm}_{0.07}\text{Se}$ solid solution at temperatures $T_1=294\text{K}$, $T_2=200\text{K}$, $T_3=100\text{K}$. $\varphi(x) = 1 \cdot 10^{-2} \text{ eV}$, $\varphi(x) = 2.56 \cdot 10^{-2} \text{ eV}$, $\varphi(x) = 3.33 \cdot 10^{-2} \text{ eV}$, accordingly, and the mean free paths of current carriers at temperatures $T_1=294\text{K}$, $T_2=200\text{K}$, $T_3=100\text{K}$ are: $\lambda = 1.3 \cdot 10^{-5} \text{ cm}$, $\lambda = 1.1 \cdot 10^{-5} \text{ cm}$, $\lambda = 4.74 \cdot 10^{-6} \text{ cm}$, accordingly.

1. Segura A., Geusdon J.P., Besson J.M., Chevy A. Photovoltaic effect in InSe. Application to solar energy conversion. "Rev.Phys. appl." 1979, vol.14, N1, p.253
2. Segura A. Geusdon J.P., Besson J.M., Chevy A. Photoconductivity and fotovoltaic effect in indium selenide. J. Appl. Phys. 1983, vol.54, N2, p.876
3. Optical radiation detectors based on layered GaSe and InSe crystals. JTF, 77(2007), pp.80-85.
4. Nagiyev K.Kh., Salmanov V.M. Optical modulators based on GaSe and InSe crystals. Republican scientific conference "Actual problems of physics" dedicated to the 90th anniversary of BSU. Baku, May 16, 2009, p.18.

5. *Huseynov G.D., Iskenderov G.I., Kerimova E.M.* Interaction of soft X-ray radiation in single crystals Preprint No.3 IFAN, Baku-1991.
6. *Ismailov A.A., Gasanov N.Z., Ismailov A.A., Ismailova P.H., Abdinbekov S.S., Magerramov A.B., Velibekov X.Sh.* Energe Spectrum of Levels In_{1-x}Sm_xSe Crystals. Norwegian journal of development of the International Science. Physical Sciences. 2023, №103, p.43-46.
7. *Abasova A.Z., Madatov R.S., Stafeev V.I.* Radiation-stimulated processes in chalcogenide structures. Baku - "Elm" 2010, p.34.
8. *Ismailov A.A., Gasimov Sh.G., Mamedov T.S., Allahverdiev K.R.* Effect of pressure on electrical conductivity and Hall effect in indium selenide single crystals. FTP, 1992, v.26, №11, pp.1995-1997.
9. *Isakov G.I., Ismailov A.A., Ismailov A.A., Ismailov P.G., Abdinbekov S.S., Velibekov H.Sh., Orudzhev T.Ya.* Electrical properties of In_{0.99}Sm_{0.01}Se and In_{0.99}Er_{0.01}Se single crystals for solar cells International Journal Alternative energy and ecology. Nizhny Novgorod, Sarov v.44, no.6, 2022, pp.36-43.
10. *Frenkel Ya.I.* JETP, 8,1292(1938).
11. *Hill R.H.* Electronic Transport Properties. Phil.Mag.,23,59(1971).
12. *Volkov N.G., Lyapidevsky V.K.* Determination of the shape of the potential well of traps using the Frenkel thermal field effect FTT,14,1337,1972.

InSe – SmSe SİSTEMİNİN BƏRK MƏHLULLARININ MONOKRİSTALLARININ FİZİKİ XASSƏLƏRİNƏ GÜCLÜ ELEKTRİK SAHƏSİNİN TƏSİRİ

İSMAYILOV A.Ə., RÜSTƏMOVA L.V., İSMAYILOV Ə.Ə., ŞİRİNOV M.M.

Laylı In_{0.93}Sm_{0.07}Se monokristallarda güclü elektrik sahələri bölgəsində cərəyan-gərginlik xarakteristikasının temperaturdan asılılıqları tədqiq edilmişdir. Göstərilirki, cərəyan-gərginlik xarakteristika sınıqeyri-xətti bölgəsində cərəyan Frenkel istilik-sahə effekti ilə bağlıdır. Frenkel əmsalları $T = 110 \text{ K} \beta = 5 \cdot 10^{-2} [\text{sm} / \text{V}]^{1/2}$, $T = 200 \text{ K} \beta = 6.3 \cdot 10^{-2} [\text{sm} / \text{V}]^{1/2}$, $T = 294 \text{ K} \beta = 5.9 \cdot 10^{-2} [\text{sm} / \text{V}]^{1/2}$ -də müəyyən edilir, konsentrasiyalarmüvafiq olaraq $N_t = 5,83 \cdot 10^{15} \text{ sm}^{-3}$, $N_t = 6,18 \cdot 10^{14} \text{ sm}^{-3}$, $N_t = 2,4 \cdot 10^{14} \text{ sm}^{-3}$. Elektron tələnin potensial quyusunun forması müvafiq olaraq $\varphi(x) = 1 \cdot 10^{-2} \text{ eV}$, $\varphi(x) = 2,56 \cdot 10^{-2} \text{ eV}$, $\varphi(x) = 3,33 \cdot 10^{-2} \text{ eV}$ -ə bərabərdir. Cərəyan daşıyıcıların orta sərbəst yolun uzunluğu müvafiq olaraq $\lambda = 4,74 \cdot 10^{-6} \text{ sm}$, $\lambda = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ sm}$, $\lambda = 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ sm}$.

Açar sözlər: Frenkelin termal sahə effekti, tələ konsentrasiyaları, nadir torpaq elementləri, potensial çuxur, orta sərbəst yollarının uzunluğu.

ЭФФЕКТ СИЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МОНОКРИСТАЛЛОВ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ СИСТЕМЫ InSe–SmSe

ИСМАЙЛОВ А.А., РУСТАМОВА Л.В., ИСМАЙЛОВ А.А., ШИРИНОВ М.М.

Исследованы температурные зависимости вольт-амперной характеристики в области сильных электрических полей в слоистых монокристаллах In_{0.93}Sm_{0.07}Se. Показано, что ток в нелинейной области вольт-амперной характеристики обусловлен термополевым эффектом Френкеля. Определены коэффициенты Френкеля при $T = 110 \text{ K} \beta = 5 \cdot 10^{-2} [\text{см/В}]^{1/2}$, при $T = 200 \text{ K} \beta = 6,3 \cdot 10^{-2} [\text{см/В}]^{1/2}$, при $T = 294 \text{ K} \beta = 5,9 \cdot 10^{-2} [\text{см/В}]^{1/2}$, концентрации ловушек соответственно равны $N_t = 5,83 \cdot 10^{15} \text{ см}^{-3}$, $N_t = 6,18 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$, $N_t = 2,4 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-3}$. Формы потенциальной ямы электронной ловушки соответственно равны $\varphi(x) = 1 \cdot 10^{-2} \text{ эВ}$, $\varphi(x) = 2,56 \cdot 10^{-2} \text{ эВ}$, $\varphi(x) = 3,33 \cdot 10^{-2} \text{ эВ}$. Длина свободного пробега носителей тока оказалась соответственно: $\lambda = 4,74 \cdot 10^{-6} \text{ см}$, $\lambda = 1,1 \cdot 10^{-5} \text{ см}$, $\lambda = 1,3 \cdot 10^{-5} \text{ см}$.

Ключевые слова: эффект теплового поля Френкеля, концентрации ловушек, редкоземельные элементы, потенциальные ямы, длина свободного пробега

DOI:10.70784/azip.5.2025332

**Ag₂Te ƏLAVƏ FAZASININ AgSbTe₂ BİRLƏŞMƏSİNİN
İSTİLİKKEÇİRİCİLİYİNƏ TƏSİRİ****BABAYEVA A.E., SƏDDİNOVA A.A., SƏLİM-ZADƏ R.İ., DƏMİROVA S.Z.**

*Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi Fizika İnstitutu
Bakı Az-1073, H.Cavid pr.131
aygun_babayeva88@mail.ru
saddinova.aynur@mail.ru
rasul_sz_baku@mail.ru
suzanna_ismailova@mail.ru*

Ag-Sb-Te sisteminin ikifazlı nümunələrində istilikkeçiriciliyinin p-Ag₂Te ikinci fazasının faiz miqdarından asılılığının hesablamaya və təcrübə nəticələri verilmişdir. Göstərilmişdir ki, fazalar arası səpilmə nəticəsində əlavə istilik müqavimətinin yaranmasına baxmayaraq, Ag₂Te ikinci fazasının faiz miqdarının artımı AgSbTe₂ birləşməsinə ümumi istilikkeçirmənin qiymətinin artmasına gətirib çıxarır. Buna səbəb AgSbTe₂-də mövcud olan Ag₂Te fazasının istilikkeçiriciliyinin monofazalı Ag-Sb-Te birləşməsinə nisbətən böyük olmasıdır. Bu da nəticədə ümumi istilikkeçiriciliyinə öz təsirini göstərir.

Açar sözlər: termoelektrik material, istilikkeçiriciliyi, effektiv mühit.

Giriş. Enerjinin alınması, qorunması və idarə edilməsi üçün meydana çıxan qlobal ehtiyac elektrik enerjisinin daha effektiv vasitələrinə marağın artmasına səbəb olmuşdur. Mövcud enerji ehtiyatının artırılması məqsədilə günəş, külək, biokütlə və digər alternativ enerji mənbələrindən istifadə olunmalıdır. Bunlardan biri də termoelektrik materiallarından hazırlanan və istilik enerjisini elektrik enerjisinə çevirən mənbələrdir. Buna görə də termoelektrik materiallar elektrik enerjisi istehsalında və enerjiyə qənaətdə müəyyən əhəmiyyətə malikdir. Burada əsas rolunu istifadə olunan termoelektrik materialların (TE) effektivliyi oynayır. Ag-Sb-Te əsasında alınan birləşmələr də orta temperatur aralığında işləyən yüksək effektivlikli termoelektrik materiallardır [3].

AgSbTe₂ birləşməsi Ag₂Te və Sb₂Te₃ kimi iki binar birləşmə əsasında alınır. Ag₂Te-Sb₂Te₃ faza diaqramının tədqiqi göstərir ki, Ag-Sb-Te sisteminə daxil olan birləşmələr həm bir, həm də ikifazlı alınır [5]. Bu baxımdan Ag-Sb-Te sistemi nümunələrinin kinetik, xüsusilə də termoelektrik xassələrinə Ag₂Te əlavə fazasının təsirinin araşdırılması xüsusi maraq kəsb edir.

Təcrübə nəticələri və onların analizi. Tədqiq etdiyimiz Ag-Sb-Te sisteminə daxil olan maddələrin təmizlik dərəcəsi 99.99%, ümumi çəkisi isə 8-10qr təşkil edir. Maddələr 12-17sm uzunluqlu, diametri 8-10mm olan kvarts ampulaya tökülmüş və vakuumda (10⁻⁴ mm c.s.) hermetik bağlanmışdır. Daha sonra tərkiblər 3K/sm sabit temperatur qradienti olan sobada sintez olunmuşdur. Sintezin temperatur rejimi və kristalın yetişdirilməsi bir neçə mərhələdən ibarətdir. İlk olaraq, temperatur 10-12 saat ərzində 700⁰-900⁰C kimi qaldırılır və 10-12 saat ərzində nümunə bu temperaturda tablanır. Bircinsliyi təmin etmək üçün tablama zamanı soba 400-600 dəfə çalxalanır. Bundan sonra ərinti 550⁰-600⁰C kimi soyudulur və 5-10 saat bu dərəcədə saxlanılır. Sonra eyni sürətlə 10-12 saat ərzində soyudulur.

Sintez olunmuş AgSbTe₂-nin rentgen quruluş analizi aparılmışdır. Alınmış nəticələrdə Ag_{0.82}Sb_{1.18}Te_{2.18} birləşməsi ilə müqayisədə bu tərkibdə Ag₂Te fazasına aid piklər müşahidə olunmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, bu nümunədə AgSbTe₂ və kiçik miqdarda qəfəs parametrləri a=16.27Å, b=26.68Å, c=7.55Å olan ortorombik strukturda kristallaşan Ag₂Te fazası mövcuddur.

Müasir termoelektronikanın əsas məsələlərindən biri kristallik strukturun daxili defektlərinin təbiətinin ətraflı tədqiqi, defektlərin materialın termoelektrik xassələrinə təsirinin araşdırılması və bunun nəticəsində yuxarı termoelektrik effektivliyinə ZT malik materialların alınma metodlarının optimallaşdırılmasıdır.

ZT termoelektrik effektivliyi əmsalının analizi göstərir ki, termoelektrik materiallarda effektivliyin artmasına səbəb olan əsas parametrlər - konsentrasiya (n) və fononların sərbəst qaçış yolunun orta uzunluğudur (l_f). Nəzərə alsaq ki, konsentrasiyanın bir tərtib artması uyğun olaraq, termoe.h.q. əmsalının (S) kifayət qədər azalmasına səbəb olacaq, bu halda ZT əmsalının artırılması üçün ən perspektivli seçim l_f , C_p -istilik tutumu və V_s -səs sürəti əmsallarının azaldılması hesabına istilikkeçirmə əmsalının (k) qiymətinin aşağı salınmasıdır.

Məlum olduğu kimi, istilikkeçiriciliyin ümumi qiyməti aşağıdakı ifadə ilə müəyyən edilir:

$$k_{\text{üm}} = k_{\text{qəf}} + k_{\text{el}} + k_{\text{bp}} + k_{\text{op}}, \quad (1)$$

burada $k_{\text{qəf}}$ –qəfəs istilikkeçirmə əmsalı;

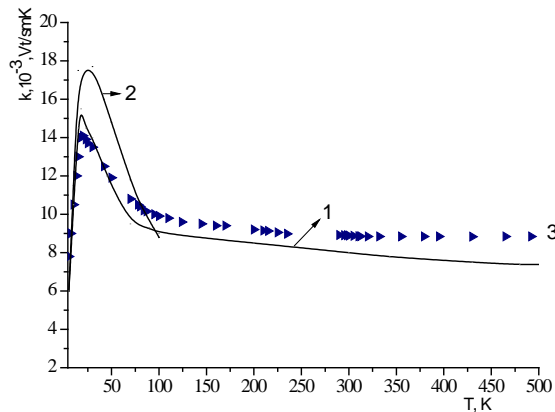
k_{el} –elektron istilikkeçirmə əmsalı;

k_{op} –optik istilikkeçirmə əmsalı (əgər material tam şəffaf və ya qismən uducu deyilsə);

k_{bp} – yükdaşıyıcıların bipolyar istilikkeçirmə əmsalıdır.

Bu məqsədlə, təqdim etdiyimiz işdə istilikkeçiriciliyi 5-500 K temperatur intervalında sabit istilik axını metodundan istifadə etməklə ölçülmüşdür. İstilikkeçiriciliyinin ölçülməsi metodu daha ətraflı şəkildə [2] işində təqdim olunmuşdur.

Şəkil 1-də tədqiq olunan nümunənin istilikkeçirmə əmsalının temperatur asılılığının təcrübi və hesablama ayriləri göstərilmişdir.



Şəkil. 1- (İkifazalı sistemlər üçün), 2-(Kallavey nəzəriyyəsi)-hesablama ayriləri, 3-AgSbTe₂ istilikkeçirmə əmsalının temperatur asılılığı.

Təcrübədən alınmış nəticələrin izahı üçün AgSbTe₂ birləşməsinin istilikkeçiriciliyinə əlavə fazanın təsiri araşdırılmış və Ag₂Te-un müxtəlif faiz nisbətlərində hesablamalar aparılmışdır. Şəkil 1-də 10% p -Ag₂Te fazası olan nümunələr üçün hesablama nəticələri verilmişdir. Hesablama zamanı p -Ag₂Te fazasının istilikkeçiriciliyinin k_1 aşağı temperatur oblastına uyğun nəticələrindən [1] istifadə olunub.

AgSbTe₂ nümunəsinin istilikkeçiriciliyini hesablamaq məqsədi ilə bütün konsentrasiya oblastında ($X=0-1$) ikifazalı sistemlərin istilikkeçiriciliyini hesablamaq üçün nəzərdə tutulan düsturdan istifadə olunub:

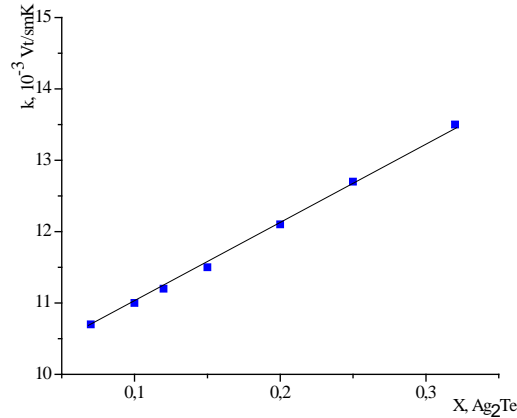
$$k = k_0 \left[1 + x \left(\frac{(1-x)}{3} + \frac{k_0}{(k_1 - k_0)} \right) \right] \quad (2)$$

Burada k -yekun istilikkeçirmə əmsalı;

k_0 -matrisin istilikkeçirmə əmsalı;
 k_1 -ikinci fazanın istilikkeçirmə əmsalı;
X-fazanın həcmi.

AgSbTe₂ birləşmələrində əlavə Ag₂Te fazasının ümumi istilik keçiriciliyinə təsiri məsələsinə aydınlıq gətirmək üçün heterogen sistemlər nəzəriyyəsinə əsasən, kəmiyyət hesablamaları aparılmışdır.

Qeyd edək ki, ikifazlı sistemlərdə əlavə istilik səpilməsi mənbələri yarandığına görə aşağı temperaturlarda istilikkeçirmənin qiymətinin azalması müşahidə olunmalıdır. Lakin təcrübə olaraq müəyyən olunmuşdur ki, ikifazlı AgSbTe₂ nümunəsinin istilikkeçiriciliyi monofazlı Ag_{0.82}Sb_{1.18}Te_{2.18} nümunəsinin istilikkeçiriciliyindən böyükdür [4].



Şəkil 2. AgSbTe₂-nin istilikkeçirmə əmsalının p-Ag₂Te fazasının həcmi faiz miqdarından asılılığı.

Şəkil 2-də 300K-də Ag-Sb-Te sisteminin ikifazlı nümunələrində istilikkeçiriciliyinin p-Ag₂Te ikinci fazasının faiz miqdarından asılılığının hesablamaya nəticələri verilmişdir. Şəkildən görüldüyü kimi ikinci fazanın miqdarı artdıqca istilikkeçiriciliyinin qiyməti də artır. Bu halda perkolyasiya effekti müşahidə olunmur. Bu da 300K temperaturunda AgSbTe₂ birləşməsində mövcud olan əsas (Ag_{0.82}Sb_{1.18}Te_{2.18}) və əlavə fazanın (Ag₂Te) istilikkeçiriciliyinin qiymətlərinin yaxın olması ilə əlaqədardır.

Beləliklə, Ag₂Te əlavə fazasının AgSbTe₂ birləşməsinin istilikkeçiriciliyinə təsiri araşdırılmış, həmçinin Ag₂Te-un müxtəlif faiz miqdarlarında istilikkeçiriciliyi üçün nəzəri hesablamalar aparılmışdır. Hesablama qiymətlərinin təcrübə qiymətləri ilə uyğun gəlməsi matris və əlavə fazanın orta tərkibinin düzgün seçilməsinin və bu kristallarda yükdaşıyıcıların sərbəst qaçış yolunu məhdudlaşdıran amilin təsirinin əhəmiyyətsiz olduğunu göstərir. Eyni zamanda qeyd etmək olar ki, bu tərkiblərdə faza sərhədlərindən səpilməyə səbəb olan əlavə fazaların yaranması kimi struktur komponentləri AgSbTe₂ birləşməsində qəfəs istilikkeçirmə əmsalının çox kiçik qiymətə ($6-8 \cdot 10^{-3} \text{ Vt/sm} \cdot \text{K}$) malik olmasına gətirib çıxarır.

1. Анишуква Н.В., Веселаго В.Г., Головашкин А.И. [и др.] // Сверхпроводимость: физика, химия, техника, – 1989. 2(7), –с. 65-69.
2. Рагимов С.С., Алиев С.А., Алиев В.М. // ФНТ 35, (2009) –с. 1085, [Low Temp. Phys. 35, (2009)], – p.846.
3. Babayeva A.E. // Energetikanın problemləri, № 3, (2019), s. 81-84
4. Ragimov, S.S., Babayeva, A.E. and Aliyeva, A.İ. // Low Temperature Physics, – 2018. 44(11), – p.1195-1197.
5. Jian, Z., Xian-ying, Q. // Electronic materials letters, – 2015. 11 (1), – p. 133-137.

ВЛИЯНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ФАЗЫ Ag_2Te НА ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ СОЕДИНЕНИЯ AgSbTe_2

БАБАЕВА А.Э., САДДИНОВА А.А., СЕЛИМ-ЗАДЕ Р.И., ДАМИРОВА С.З.

Приведены расчетные и экспериментальные результаты зависимости теплопроводности от процентного содержания второй фазы $p\text{-Ag}_2\text{Te}$ в двухфазных образцах системы Ag-Sb-Te . Показано, что, несмотря на дополнительное тепловое сопротивление, возникающее за счет межфазного рассеяния, увеличение процентного содержания второй фазы Ag_2Te приводит к увеличению общей теплопроводности соединения AgSbTe_2 . Это связано с тем, что теплопроводность фазы Ag_2Te , присутствующей в AgSbTe_2 , выше, чем теплопроводность монофазного соединения Ag-Sb-Te . В результате это также влияет на общую теплопроводность.

Ключевые слова: термоэлектрический материал, теплопроводность, эффективная среда.

THE ADDITIONAL FACE Ag_2Te INFLUENCE ON THE THERMAL CONDUCTIVITY OF AgSbTe_2

BABAYEVA A.E., SADDINOVA A.A., SELIM-ZADE R.I., DAMIROVA S.Z.

The calculated and experimental results of the dependence of thermal conductivity on the percentage of the second phase $p\text{-Ag}_2\text{Te}$ in two-phase samples of the Ag-Sb-Te system are presented. It is shown that, despite the additional thermal resistance arising due to interphase scattering, an increase in the percentage of the second phase Ag_2Te leads to an increase in the total thermal conductivity of the AgSbTe_2 compound. This is due to the fact that the thermal conductivity of the Ag_2Te phase present in AgSbTe_2 is higher than the thermal conductivity of the single-phase Ag-Sb-Te compound. As a result, this also affects the total thermal conductivity.

Keywords: thermoelectric material, thermal conductivity, effective medium.

DOI:10.70784/azip.5.2025336

DIAGNOSING THE COEFFICIENT OF ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF LIQUIDS

JAFAROVA A.N., HADIYEVA A.A.

*Azerbaijan State Oil and Industry University
AZ -1010, Baku, Azadlıq aver. 20,
aynur.cafarova@asoiu.edu.az*

The work considers the method of diagnosing the coefficient of electrical conductivity of liquids under simultaneous exposure to an electric field and laser radiation. The method is based on the measurement of the temperature of the environment in which the optoacoustic signal is formed, and the solution of the thermal conductivity equation under the given boundary conditions. It is shown that taking into account the joint effect allows to estimate the synergistic effect of combined fields. The obtained formula allows to study the change of the electroconductivity coefficient from point to point under the simultaneous influence of external fields. The proposed method makes it possible to establish a connection between the optical and electrical properties of the medium.

Keywords: electric field, electrical conductivity, liquid, temperature, absorption coefficient.

INTRODUCTION

The influence of physical fields on technological processes has always attracted the attention of researchers [1-2]. This unabated interest is explained by several reasons: the availability of field application in production, the technical simplicity of the implementation of the effect, the high degree of control and regulation of the properties of liquids during the entire process. The noted reasons make the use of physical fields economically beneficial, as they create prerequisites for the development of resource-saving technologies, especially in those cases when the use of expensive chemical reagents is difficult, due to the manifestation of side complicating effects or environmental reasons.

The influence of constant electric and magnetic fields on thermophysical properties of liquids is theoretically and experimentally studied in [1,2]. Experiments carried out in [3] showed that the dynamic viscosity changes strongly with the increase in the intensity of the constant electric field. This change is caused by the structural change that occurs in liquids. Therefore, it can be assumed that other thermophysical parameters, including heat capacity, change under the action of a constant electric field. The paper [4] considers the theoretical study of the influence of physical fields on isobaric heat capacity. The effect of alternating electric field on heat capacity was studied in [5].

THEORETICAL STUDIES

Modern studies confirm that the combined effect of an electric field and laser radiation can significantly change the electrical and optical properties of liquids. The joint influence of the electric field and laser beams was studied in this work with the aim of establishing the possible effects of significant improvement of the rheological properties of oils under their joint influence, i.e. establishing a possible synergistic effect. When the object is affected simultaneously by several factors, the total effect of their influence is much greater than the effect of the influence of each factor separately.

The existing research methods related to the issues of diagnosing electroconductivity are studied insufficiently. As it is known, existing theoretical and experimental research methods allow to determine average integral values of electrical conductivity of liquids. Determination of electrical conductivity of heterogeneous liquids depending on coordinates is associated with

significant difficulties. To solve this problem, this paper proposes a method for diagnosing the electrical conductivity of liquids, which is reduced to solving the heat conduction equation for a homogeneous temperature field:

$$c\rho\left(\frac{\partial T}{\partial t} + \nu\frac{\partial T}{\partial x}\right) = \frac{\partial}{\partial x}\left(\lambda\frac{\partial T}{\partial x}\right) + \alpha I_0 e^{-\alpha x} + \sigma E^2, \quad (1)$$

where c - is the isobaric heat capacity, I_0 - is the intensity of laser radiation, σ - is the electrical conductivity of liquids, α - is absorption coefficient of laser beams. The remaining designations are generally accepted.

Considering that heat transfer due to convection is much greater than due to diffusion, i.e.

$c\rho\nu\frac{\partial T}{\partial x} \gg \lambda\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$, equation (1) can be written as:

$$c\rho\left(\frac{\partial T}{\partial t} + \nu\frac{\partial T}{\partial x}\right) = \alpha I_0 e^{-\alpha x} + \sigma E^2. \quad (2)$$

To solve (2), the following initial and boundary conditions are specified:

$$T(x,0) = T_0 = const \quad T(0,t) = f(t). \quad (3)$$

Therefore, the study of the influence of laser beams and electric field is mathematically reduced to solving the differential equation (2) with the initial and boundary conditions (3). Using the averaging method [6], we introduce the designation:

$$\varphi(t) = \frac{1}{\ell} \int_0^\ell \frac{\partial T}{\partial t} dx.$$

Then equation (2) has the form:

$$\frac{dT}{dx} = \frac{\alpha I_0}{c\rho\nu} e^{-\alpha x} + \frac{\sigma}{c\rho\nu} E^2 - \frac{\varphi(t)}{\nu}. \quad (4)$$

The solution to equation (4) is:

$$T = \frac{E^2}{c\rho\nu} \int_0^x \sigma dx - \frac{I_0}{c\rho\nu} e^{-\alpha x} - \frac{\varphi(t)}{\nu} x + C, \quad (5)$$

where C - is some constant.

Applying condition (3) to (5) and introducing the designation: $\psi(x) = \int_0^x \sigma dx$ we will have:

$$T = f(t) \left[1 - \frac{2x}{\ell} \right] + \frac{I_0}{c\rho\nu} (1 - e^{-\alpha x}) (1 - e^{-\frac{-2\nu}{\ell} t}) + \frac{x}{\nu} \int f(t) dt + T_0 e^{-\frac{-2\nu}{\ell} t} - f(0) e^{-\frac{-2\nu}{\ell} t} \left[1 - \frac{2x}{\ell} \right] + \frac{E^2}{c\rho\nu} \psi(x) (1 - e^{-\frac{-2\nu}{\ell} t}) \quad (6)$$

For the electrical conductivity of liquids, we obtain from (6):

$$\sigma = \frac{c\rho\nu}{E^2} \left[\frac{\frac{2}{\ell} \left[f(t) + f(0)e^{-\frac{2\nu}{\ell}} \right] - \frac{1}{\nu} \int f(t) dt}{1 - e^{-\frac{2\nu}{\ell}}} \right] - \frac{\alpha I_0}{E^2} e^{-\alpha x} \quad (7)$$

Formula (7) allows us to study the change in the electrical conductivity coefficient from point to point under the simultaneous influence of an electric field and laser beams.

CONCLUSION

Based on the research conducted, the following conclusions can be made:

1. The proposed method for diagnosing the electrical conductivity coefficient is based on measuring the temperature of the medium in which the optoacoustic signal is generated and spread, and solving the heat conductivity equation.
2. The method allows to estimate the effect of temperature changes on the electrical conductivity coefficient and identify its spatial heterogeneity.
3. Consideration of the simultaneous effect of the electric field and laser radiation opens up the possibility of regulating the properties of liquid media in order to optimize technological processes.
4. The obtained results can be applied in the petrochemical, chemical and energy industries to improve rheological properties and increase energy efficiency.

-
1. *Лоскутова Ю.В., Юдина Н.В.* Влияние магнитного поля на структурно-реологические свойства нефтей. // Известия Томского политехнического университета, 2006, т. 309, №4, с.104-109.
 2. *Чайкина Я.И.* Влияние магнитной обработки на водонефтяные эмульсии. XXII Международная конференция «Химия и химическая технология в XXI веке», т.2, 2001, с.102-103.
 3. *Гасанов Х.Г.*, Гидродинамические исследования взаимодействия акустических и лазерных лучей с жидкостью. Баку, «STAKE». 2002.- с.384.
 4. *Гасанов Г.Т., Алиев А.А., Мамедова А.Н.* Влияние различных физических полей на теплофизические свойства жидкостей. // Ученые записки- фундаментальные науки, АзТУ, том VII (26), №2, 2008, с.52-55.
 5. *Гасанов Х.Г., Джафарова А.Н., Джафарова М.А., Сариджанова В.К.* Влияние переменного электрического поля на теплоемкость жидкостей. // Известия НАНА, серия физико-технических и астрономических наук, том 34, №2, 2014, с. 111-113.
 6. *Тарг С.М.* Основы теории ламинарного течения вязкой несжимаемой жидкости. Москва ГИТТЛ, 1951, с.236.

MAYELƏRİN ELEKTRİKKEÇİRİCİLİK ƏMSALININ DİAQNOSTİKASI

CƏFƏROVA A.N., HADIYEVA A.Ə.

İşdə elektrik sahəsi və lazer şüalanmasının eyni vaxtda təsiri altında mayelərin elektrikkeçiricilik əmsalının diaqnostika üsulu nəzərdən keçirilir. Metod, optoakustik siqnalın formalaşdığı mühitin temperaturunun ölçülməsinə və verilmiş sərhəd şərtləri üçün istilikkeçirmə tənliyinin həllinə əsaslanır. Göstərilmişdir ki, birgə təsirin nəzərə alınması kombinə edilmiş sahələrin sinergetik effektini qiymətləndirməyə imkan verir. Eyni vaxtda xarici sahələrin təsiri altında elektrikkeçiricilik əmsalının nöqtədən-nöqtəyə dəyişməsinə tədqiq etməyə imkan verən düstur əldə edilmişdir. Təklif olunan metod mühitin optik və elektrik xassələri arasında əlaqəni müəyyən etməyə şərait yaradır.

Açar sözlər: elektrik sahəsi, elektrikkeçiricilik, maye, temperatur, udma əmsalı.

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ЖИДКОСТЕЙ

ДЖАФАРОВА А.Н., ХАДИЕВА А.А.

В работе рассматривается метод диагностирования коэффициента электропроводности жидкостей при одновременном воздействии электрического поля и лазерного излучения. Метод основан на измерении температуры среды, в которой формируется оптоакустический сигнал, и решении уравнения теплопроводности при заданных граничных условиях. Показано, что учет совместного воздействия позволяет оценить синергетический эффект комбинированных полей. Получена формула, которая позволяет исследовать изменение коэффициента электропроводности от точки к точке при одновременном влиянии внешних полей. Предложенный метод позволяет установить связь между оптическими и электрическими свойствами среды.

Ключевые слова: электрическое поле, электропроводность, жидкость, температура, коэффициент поглощения.

DOI:10.70784/azip.5.2025340

NEFT HASILATI QUYULARININ İDARƏETMƏ SİSTEMLƏRİNİN TƏHLİLİ VƏ TƏKMİLLƏŞDİRİLMƏSİ

HƏŞİMOV X.X., ASLANLI S.Q.

Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Bakı, Azərbaycan
xanlar.hashimov.x@asoiu.edu.az

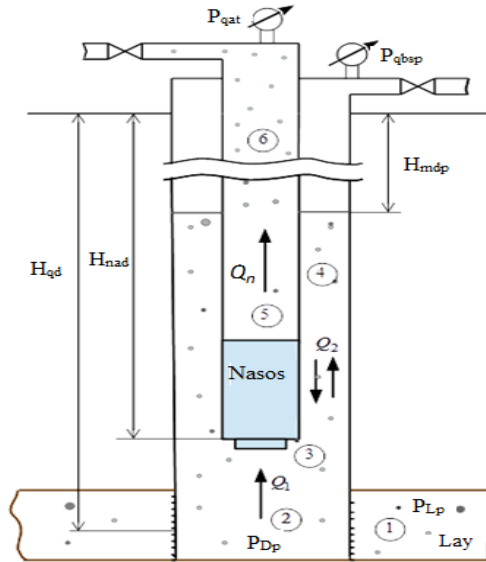
Neft hasilatı quyularının idarəetmə sistemlərinin təhlili göstərir ki, mövcud sistemlər texnoloji parametrlərin dəyişməsinə uyğun effektiv idarəetməni tam təmin etmir. Quyuların istismar rejimlərinin optimallaşdırılması üçün mayenin sıxlığı, su ilə doyma dərəcəsi və təzyiq kimi əsas parametrlərin real vaxt rejimində ölçülməsi vacibdir. Lay və quyu dibi təzyiqlərinin hesablanma metodlarında mövcud olan səhvlər idarəetmə qərarlarının düzgün verilməsinə mane olur. Müasir neft hasilatı proseslərinin sabit və effektiv idarə olunması üçün dərinlik nasoslarının giriş və çıxış təzyiqlərinin, eləcə də quyu gövdəsinin müxtəlif hissələrində təzyiqin davamlı monitorinqi tələb olunur. Bu çərçivədə, yeni avtomatlaşdırma sistemlərinin işlənilib hazırlanması və daha dəqiq ölçmə vasitələrinin tətbiqi neft hasilatının səmərəliliyini artırmaq üçün əsas istiqamətlərdən biridir.

Açar sözlər: neft, lay, ştanq, nasos, boru, hasilat.

Giriş

Neft hasil edən quyu, məhsulun dərinlikdən nasos qurğusu vasitəsilə səthə qaldırılması üçün nəzərdə tutulmuş texniki qurğudur. Adətən, neft hasil edən quyu- quyu dibi zonası – borulararası sahə – nasos – nasos-kompresor borulardan ibarət mürəkkəb bir hidrodinamik sistemdən ibarətdir.

Mayenin quyudan çıxarılma sürəti və həcmi neft hasilatı prosesini xarakterizə edən əsas parametrdir. Ənənəvi olaraq, mayenin quyudan çıxarılma sürəti və həcmi dərinlik nasos qurğusunun məhsuldarlığının dəyişdirilməsi ilə tənzimlənir. Şəkil 1.-də neft hasil edən quyunun sxemi göstərilmişdir.



Şək.1. – Neft hasil edən quyunun sxemi, 1 – layın quyu dibi zonası; 2 – quyunun quyu dibi zonası; 3 – nasosun qəbulu; 4 – borulararası sahə; 5 – nasos çıxışı; 6 – nasos-kompresor boruları; H_{qd} – quyunun dərinliyi; H_{nad} – nasosun asılma dərinliyi; P_{Lp} və P_{Dp} – lay və quyu dibi təzyiqləri; P_{qat} – quyunun ağız təzyiqi; P_{qbsp} – quyunun borulararası sahəsindəki qaz təzyiqi; H_{mdp} – mayenin dinamik səviyyəsi.

Nasosun girişində iki axın mövcuddur: Q_1 – laydan gələn maye axını və Q_2 – borulararası sahədəki maye axını (şəkil 1.). Bu axınlar nasos tərəfindən birləşdirilərək bir axın, yəni Q_n – nasos-kompresor borularındakı maye axınına çevrilir.

$$Q_n = Q_1 + Q_2 \quad (1)$$

Əgər laydan gələn maye axını Q_1 nasosun məhsuldarlığından azdırsa, yəni $Q_1 < Q_n$, bu halda borulararası sahədəki maye axını Q_2 laydan gələn maye axını Q_1 ilə toplanır və borulararası sahədəki səviyyə azalır. Əksinə, əgər laydan gələn maye axını Q_1 nasosun məhsuldarlığından çoxdursa, bu zaman borulararası sahədəki maye axını Q_2 laydan gələn maye axını Q_1 -dən çıxılır və borulararası sahədəki səviyyə artır [1].

Quyunun iş rejimi sabit hesab olunur ohalda ki, əgər $Q_2 = 0$, $Q_1 = Q_n$ və mayenin dinamik səviyyəsi sabitdirsə, yəni H_{din} (dinamik səviyyə) = const. Bu vəziyyət avtomatik olaraq yaranır və müəyyən edilmiş maye quyudan çıxarılma sürəti və həcmi uyğun olmaya bilər. Müəyyən edilmiş maye hasilatı normasını, yəni Q_n -ni təmin etmək üçün quyunun iş rejiminin idarəetmə sistemi bu tələbi yerinə yetirməlidir [1].

Q_n dəyəri yalnız sabit rejimdə laydan gələn maye axınına bərabərdir, digər hallarda, yəni quyu keçid rejimində işlədiyi zaman isə nasosun sərf (təzyiq) xarakteristikası ilə müəyyən edilir.

Hazırda neft çıxarışı sahəsində mayenin səthə çıxarılması üçün həm yerli, həm də xarici istehsal olunan müxtəlif nasos növləri istifadə olunur. Bunlar arasında aşağıdakı növlər geniş yayılıb:

- Dərin ştanq nasosunun qurğusu;
- Elektrocentrifugal (elektrik mühərriki ilə işləyən və mayeni fırlanma hərəkəti ilə ötürən nasoslar) nasosunun qurğusu;
- Ştanq və ya elektro-submersible şturval nasosunun qurğusu və s.

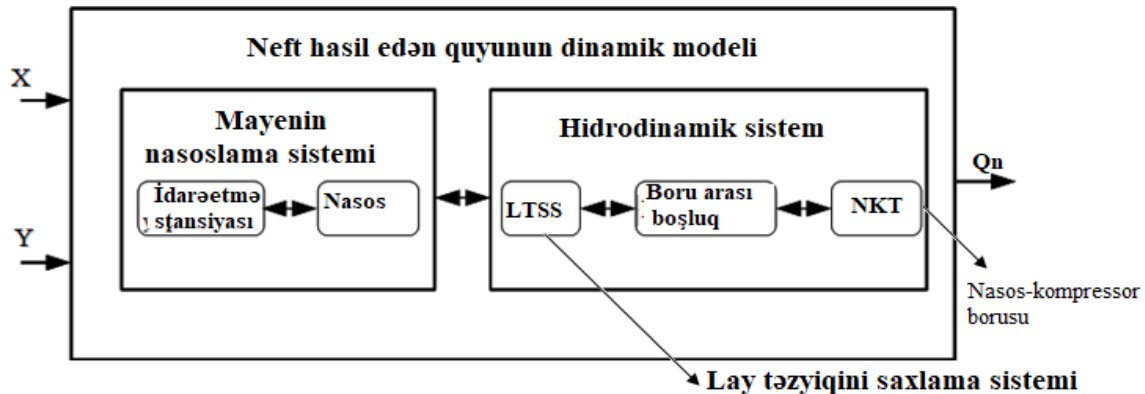
Ən geniş yayılmış nasos növü dərin ştanq nasoslarıdır, lakin elektrocentrifugal nasoslar neft hasilatında mühüm rol oynayır. Neft quyularının nasos qurğuları ilə istismarı məhsulun xüsusiyyətlərinə və digər amillərə görə dəyişir. Maye çıxarış norması daimi fəaliyyət göstərən geoloji-texnoloji model əsasında müəyyən edilir. Neft hasilatının sabitliyi üçün nasosun işləmə rejimi idarə olunmalı və təzyiq məhdudiyətləri nəzərə alınmalıdır. Ən optimal tənzimləmə üsulu nasosun fırlanma sürətinin və ya qaldırma stansiyasının hərəkət sayının dəyişdirilməsidir.

Neft çıxaran quyunun dinamik modelinin strukturu

[2] nömrəli işdə neft çıxaran quyunun dinamik modeli mürəkkəb sistem olaraq təqdim edilir və aşağıdakıları əhatə edir:

- Rezervuarlar sistemi: nasos-kompresor boruları, boru arası sahə, quyunun yaxınlıq zonası;
- Hidrodinamik sistem: nasos-kompresor borularındakı maye, boru arası sahədəki maye, quyunun yaxınlıq zonasındakı maye;
- Maye ötürmə sistemi: dərin nasos - idarəetmə stansiyası;
- Texnoloji parametrlərin nəzarət sistemi.

Yuxarıda göstərilən sistemlərin təhlili göstərir ki, idarəetmə obyektinə (hidrodinamik sistemə) təsir edən icra mexanizmi dərin nasosdur. Neft çıxaran quyunun dinamik modelinin idarəetmə obyektini kimi strukturu şəkil 2.-də təqdim olunub.



Şəkil 2. – Neft çıxaran quyunun dinamik modelinin idarəetmə obyektini kimi strukturu.

Neft çıxaran quyunun dinamik modelini formula şəklində aşağıdakı kimi təqdim etmək ola:

$$Q_n = F(X, Y) \quad (2)$$

Burada Q_n – çıxış parametri (mayenin axını); X – idarəetmə parametrləri (U – nasosun elektrik mühərrikini təmin edən gərginlik, ω – mühərrikin gərginlik tezliyi, n – nasosun dövrüyyə tezliyi (qaldırma stansiyasının hərəkət sayı)); Y – giriş parametrləri (R_L və R_Q – lay və quyunun təzyiqləri, H_{ds} – mayenin dinamik səviyyəsi).

Mayenin yataqdan quyunun yaxınlıq zonasına – nasosa axınının riyazi modelinin əsasını, əgər quyunun təzyiqi doymuş təzyiqdən yüksəkdirsə, idarəetmə tənliyi [3] təşkil edə bilər və bu tənlik avtomatlaşdırılmış quyular sistemində indikator əyrisi şəklində təqdim olunur. Bu parametrlər real vaxt rejimində müəyyən edilməlidir.

$$Q_1 = K_{m\alpha}(P_{yp} - P_{qp}) \quad (3)$$

Burada Q_1 – maye axını; $K_{m\alpha}$ – məhsuldarlıq əmsalı; P_{yp} – yataq təzyiqi; P_{qp} – quyunun təzyiqi; n – indikator əyrisinin qeyri-xətti əmsalı.

Mövcud olan neft çıxaran quyuların idarəetmə sistemlərinin analizi

Mövcud olan texniki vasitələr, neft çıxarışı obyektlərinin cari vəziyyəti haqqında müəyyən miqdarda məlumatın əldə edilməsi üçün tətbiq olunur. Məsələn, quyuların maye axını, quyuların texnoloji iş rejimi və s. başqa sözlə, bu, operativ şəkildə əldə edilən məlumat həcmi olub, adətən, neft çıxarışı prosesinin planlaşdırılması və idarə olunması üçün uzunmüddətli qərarların qəbul edilməsi məqsədilə toplanır və istifadə olunur [4].

Ənənəvi olaraq, neft çıxarışı prosesinin aşağı səviyyəli avtomatlaşdırılmasında quyuların texnoloji parametrlərinin nəzarəti həyata keçirilir, bu da məlumatların avtomatik toplanması, saxlanması, ötürülməsi və emalını əhatə edir [5].

Orta səviyyəli avtomatlaşdırmada, SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) texnoloji proseslərin nəzarət və uzaqdan idarə olunması üçün nəzərdə tutulmuş avtomatlaşdırılmış dispeçer nəzarət və idarəetmə sistemlərindən istifadə edilir. Bu səviyyədə texnoloji prosesin idarə edilməsi əsasən nasosların uzaqdan açılması və bağlanması ilə məhdudlaşır.

Yuxarı səviyyədə isə, neft çıxarışı obyektlərinin məlumatlarını hesablama, proqnozlaşdırma və vizuallaşdırma işlərini həyata keçirən şəbəkəyə birləşdirilmiş kompüterlər vasitəsilə idarəetmə prosesləri həyata keçirilir [3].

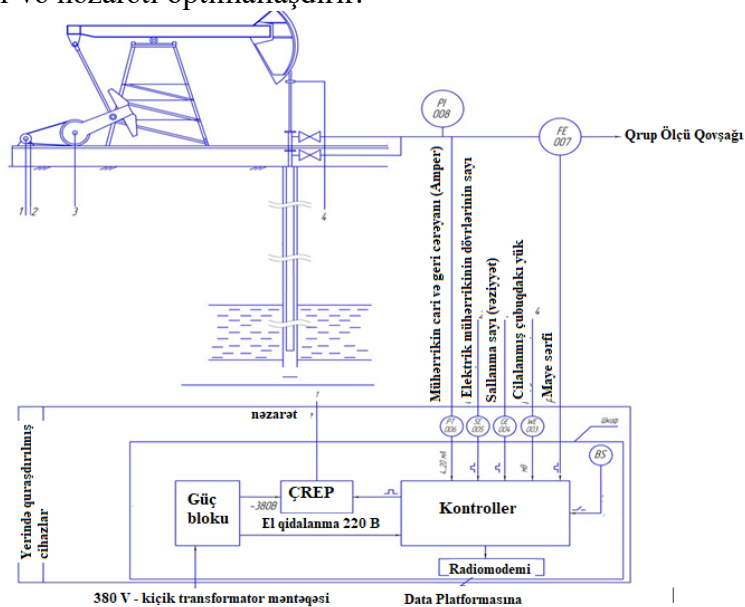
Mövcud neft çıxarışı proseslərinin idarəetmə sistemləri bəzi sistem prinsiplərinin yerinə yetirilməməsi ilə xarakterizə olunur:

- idarə edilə bilmə – dərin nasoslar əsasən açma/bağlama prinsipi ilə idarə olunur;
- nəzarət edilə bilmə – texnoloji prosesin iş rejimləri həmişə real vaxt rejimində nəzarət olunmur;
- həyata keçirilə bilmə – məsələn, hər yerdə dərin nasosun məhsuldarlığını tənzimləməyə imkan verən tezlik tənzimlənən elektrik ötürücüsü tətbiq olunmur;
- geribildirim – qərarların qəbul edilməsi yığılan məlumatlara əsaslanır, real vaxt rejimində deyil [5].

Bir çox neft yataqlarının riyazi modelləri, artıq praktiki tətbiq tapmış riyazi proqramlar şəklində olan bu modellərin özlərində əsaslı aradan qaldırılma bilməyən səhvləri ehtiva edir. Bu səhvlər arasında mühüm olanlar: hər bir neft çıxaran quyuyu üzrə qanunverici dəqiqliklə məlumatın olmaması; quyuların işləri haqqında tələb olunan məlumatın yetərli həcmdə olmaması.

Qeyd olunan işlərdə yerli və xarici istehsal olan ştanq dərin nasoslarla təchiz olunmuş quyuların avtomatlaşdırma sistemlərinin təhlili aparılıb. Xarici istehsal olunan ən tanınmış nəzarət cihazlarından biri “Lufkin Automation” şirkətinin “Sam Well Manager” modelidir. Ştanq dərin nasoslarla təchiz olunmuş quyuların avtomatlaşdırılması elektrik mühərrikinin idarə olunmasını, nasosun açılıb-bağlanmasını və təzyiqin nəzarətini təmin edən sistemləri əhatə edir. Bu qurğulara qaldırma stansiyasının idarəetmə stansiyası, güc sensorları,

manometrlər və səviyyə ölçmə cihazları daxildir. "Mega-SKV" kimi nəzarət cihazları parametrləri dövrü ölçür, dinamogramların avtomatik təfsirini və əsas nasazlıqların diaqnostikasını həyata keçirir. Avtomatlaşdırma sistemi nasosun iş rejiminə, təzyiğin sabit saxlanmasına və elektrik mühərrikinin qorunmasına nəzarət edir. Elektrik enerjisinin verilməsində fasilə yarandıqda, qurğu avtomatik işə düşür. Maye axınının ölçülməsi, dinamik səviyyənin və nasosun doldurma əmsalının müəyyən edilməsi sistemin əsas funksiyalarındandır. Dinamoqramlardan istifadə edərək maye axınının sürəti və lay təzyiqləri hesablanır. Ştanq dərin nasoslarla təchiz olunmuş quyuların avtomatlaşdırılması hasilatın effektivliyini artırır və nəzarəti optimallaşdırır.



Şək.3. – Dərin çubuqlu nasosla neft quyusunun avtomatlaşdırılmasının funksional diaqramı (ÇREP-çevik rejimli elektrik paylayıcı)

Ştanqlı dərinlik nasosu ilə işləyən quyuların işə salınması zamanı adətən quyunun dinamik səviyyəsi quyudan gələn ekolotun ölçmə məlumatlarına əsasən nəzarət olunur. Ekolot vasitəsilə ölçmə aparılarkən quyuların arasındakı məkan əvvəlcədən boşaldılmalı, yəni artıq təzyiqli "sıxışdırılaraq" azaldılmalıdır. Bu tədbirlər tez-tez borulararası məkanda maye səviyyəsinin köpüklənməsinə və (30-60 m) hündürlükdə "köpük təbəqəsinin" yaranmasına səbəb olur ki, bu da siqnalın dəqiq əks olunmasına mane olur və mayenin dinamik səviyyəsinə kifayət qədər dəqiqliklə ölçməyə imkan vermir.

Bundan əlavə, ekolotla tədqiqat aparılması yüksək qaz faktoruna malik olan neft quyularında yol verilməzdir. Mayenin dinamik səviyyəsinin qeydə alınması müddəti 1-2 sutkadan az olmamalıdır. Dinamik səviyyənin qısamüddətli ölçüləri məlumatlılıq baxımından qeyri-effektivdir.

Yuxarıda qeyd olunanlarla əlaqədar olaraq, ştanqlı dərinlik nasosu ilə işləyən müasir avtomatlaşdırma sistemlərində quyuların arasındakı təzyiqli nəzarət etmək üçün quyuda birbaşa quraşdırılmış sensorlardan istifadə olunmalıdır.

Mənbələrdə [6] dərinlik nasosunun idarə edilməsi üçün yeni metod və alqoritmlərin işlənməsi ilə bağlı məsələlər həll olunur, lakin təqdim olunan idarəetmə sistemlərinin tətbiqinə xüsusi ölçmə qurğularının olmaması mane olur.

Neft hasil edən quyuların dalğic elektro-mərkəzdənqaçma nasosları ilə istismarı nisbətən qısa təmirarası müddəti ilə fərqlənir. Bu quyular avtomatlaşdırma və nəzarət vasitələri ilə təchiz olunmuşdur. Elektro-mərkəzdənqaçma nasoslarının əsas funksiyalarına yerli və telemexaniki idarəetmə, maye verilişinə nəzarət və mühərrikin vəziyyətinə nəzarət daxildir. "Kabel xətti - dalğic elektrik mühərriki" sisteminin izolyasiya müqavimətinə nəzarət təmin edilir. Elektrik mühərriki həddindən artıq yüklənmədən, qısaqapanmadan və gərginlik sapmalarından qorunur.

Araşdırmalara görə [8], elektro-mərkəzdənqaçma nasoslu quyularda lay təzyiqinin dəyəri geniş diapazonda dəyişə bilər və quyunun işə salınması və uzunmüddətli istismarı zamanı dərinlik nasosunun idarəetmə sisteminə əsas tələb mayenin dinamik səviyyəsinin stabilləşdirilməsidir.

[9]-də sistem analizi əsasında quyunun işləmə prosesində xarici faktorların, quyunun və nasosun xüsusiyyətlərinin təsirini nəzərə alaraq dərinlik nasosunun cari vəziyyətini müəyyən edən bir sıra texnoloji parametrlər müəyyən edilib.

Adətən, neft hasilatı prosesi iki əsas məsələnin həllinə yönəlib:

- Quyunu tələb olunan stabil rejimə çıxarmaq üçün proqramlaşdırılmış avtomatik idarəetmə, burada quyuda dinamik maye səviyyəsi saxlanılır;
- Stabil rejimin uzun müddət saxlanılmasının avtomatlaşdırılması.

Bununla belə, quyuda dinamik maye səviyyəsinin saxlanılması ilə bağlı idarəetmə sistemləri maye hasilatının sabitləşdirilməsi məsələsini həll etmir. Vaxt keçdikcə neft hasilatı edən quyularda maye hasilatı azalır.

Maye hasilatını sabitləşdirmək üçün quyunun bir neçə nöqtəsində ölçülmüş təzyiqləri daxil etməklə neft hasilatı prosesinin idarə olunması sistemi hazırlanmalıdır.

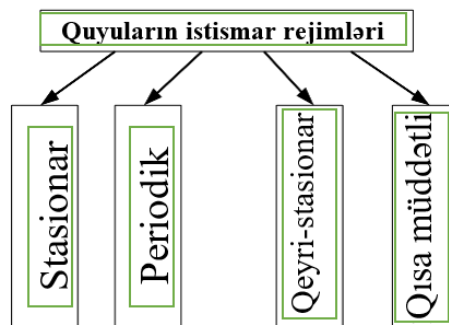
Neftçixarma quyularının iş rejimlərinin təhlili

[7]-ci işdə neftçixarma quyularının üç istismar rejimi nəzərdən keçirilir: stasionar, periodik və qeyri-stasionar. Neftçixarma quyularının əsas istismar rejimi, adətən, stasionar olur, bu zaman nasosun məhsuldarlığı sabit qalır. Bu məhsuldarlıq, maye debitinə uyğun olaraq hesablama yolu ilə təyin edilir və nasosun seçimi, onun xarakteristikaları, nasosun dərinliyə endirilməsi, quyuların hidrodinamik tədqiqatlarının nəticələrinə görə layın məhsuldarlıq əmsali əsasında müəyyən edilir.

Son illərdə neft ehtiyatlarının tükənməsi quyuların məhsuldarlığının azalmasına səbəb olmuşdur ki, bu da öz növbəsində neft hasilatının həcmində azalmaya gətirib çıxarır. Hazırda maye hasilatının artırılması yolları tətbiq olunur, bunlar neft hasilatının həcmində artırılmasına, avadanlıqların təmirarası dövrünün uzadılmasına, avadanlıqların maye dəyərinin azaldılmasına və onların xidmət müddətinin artırılmasına yönəldilmişdir.

Neftçixarma quyularının istismar səmərəliliyinin artırılması yollarından bəziləri aşağıdakı istismar rejimlərini əhatə edir: periodik, qeyri-stasionar və quyuların qısa müddətli istismar rejimi.

Beləliklə, neftçixarma quyularının avtomatlaşdırılması baxımından quyuların dörd istismar rejimini nəzərdən keçirmək olar (şəkil 5.).



Şək.5. – Neft hasil edən quyuların iş rejimləri.

Stasionar istismar rejiminin tətbiqi daha sadədir və iş rejiminin dəyişdirilməsi zamanı keçid prosesləri ilə əlaqəli quyuların dərinlik nasos avadanlığına mənfi təsir göstərmir.

Periodik istismar rejimi quyuların dərinlik nasosunun müəyyən edilmiş zaman intervallarına uyğun olaraq idarəetmə stansiyası və kontrollerin köməyi ilə işə salınması və dayandırılmasını nəzərdə tutur.

Qeyri-stasionar istismar rejimi nasosun dayandırılmadan tətbiq olunmasını əhatə edir. Bu rejimdə nasosun dövriyyə tezliyi maksimumdan minimuma və ya əksinə olaraq təyin edilmiş proqram əsasında dəyişdirilir.

Qısa müddətli istismar rejimi (Kuzmiçev üsulu) periodik rejimin bir növüdür və burada yüksək məhsuldarlığa malik nasosdan (orta debetli quyular üçün gündə 100 m³-dən çox) istifadə olunur. Maye əsasən quyu aralıq boru məkanından götürülür. Burada nasosun söndürülməsi dövründə neft yığılır (yığılma dövrü). Qısa müddətli maye götürmə dövrləri (3-10 dəq.) nisbətən uzun müddətli yığılma dövrləri (10-60 dəq.) ilə əvəz olunur.

Periodik, qeyri-stasionar və qısa müddətli istismar rejimləri quyuların texnoloji parametrlərinin monitorinqinin vacibliyini artırır. Bu, texnoloji parametrlərin idarə olunması və nəzarət sistemlərinin tətbiqini tələb edir (quyu aralıq boru məkanındakı mayenin sıxlığı və ya su ilə doyması).

Quyuların istismar rejimlərinin idarə edilməsi quyunun başında quraşdırılmış yerüstü ölçmə vasitələri ilə əldə edilmiş maye sıxlığı və ya su ilə doyması göstəricilərinə əsasən effektiv deyil. Bunun səbəbləri aşağıdakılardır:

- Laydan quyu gövdəsinə daxil olan üç fazlı maye axını (neft, su, qaz) qalxma prosesində strukturunu dəyişir. Qaz digər komponentlərə nisbətən daha sürətli qalxır, neft daha yavaş hərəkət edir, su isə quyunun aşağı hissəsində qalır. Bu, laydan çıxan mayenin sıxlığı ilə quyu gövdəsindəki mayenin sıxlığı arasında fərq yaradır. Bu sıxlıq fərqi səthdə yerləşən ölçmə vasitələri ilə müəyyən edilə bilməz.

- Laydan gələn maye axını nasosun istehsal gücünü aşdıqda, quyu aralıq boru məkanında mayenin dinamik səviyyəsi artır. Bu vəziyyət nasosun çıxışında mayenin su ilə doyma dərəcəsinin artmasına səbəb olur.

Beləliklə, təyin edilmiş hasilat normasının stabilizasiyası və istismar rejimlərinin (periodik, qeyri-stasionar və qısa müddətli) effektiv idarə edilməsi üçün quyu içərisində mayenin sıxlığı və ya su ilə doymasının davamlı olaraq ölçülməsi tələb olunur. Bu göstəricilər əsasən nasos-kompresor borularında və quyu aralıq boru məkanında alınmalıdır.

[10]-cü işdə quyuların hidrodinamik tədqiqatları (HDT) zamanı məlumatların təhlili və interpretasiyası ardıcılığına baxılaraq, şaquli quyunun diaqnostik qrafikində təzyiq törəməsi əyrisinin 10 saat ərzində kəskin azalması, sonra isə kəskin artması müəyyən edilmişdir. Bu hal təzyiqin ölçülməsi zamanı buraxılan səhvlər və ya başqa layın təsiri ilə əlaqəli ola bilər. Bu nümunə tədqiqatlar zamanı daha dəqiq dərinlik manometrlərinin istifadəsinin vacibliyini göstərir.

[11]-cu işdə quyunun dayanmasından sonra dib təzyiqinin dəyişmə qanunauyğunluqları və müşahidə olunan hadisələr öyrənilmişdir. Məlum olmuşdur ki, "səviyyənin izlənməsi metodu" effektiv deyil. Tədqiqat nəticələrinə əsaslanan indikator əyriləri həqiqəti əks etdirmir, bu isə debitin, maye səviyyəsinin, təzyiqin ölçülməsi zamanı buraxılan qüsurlar və ya tədqiqatların laydan sabit olmayan maye axını zamanı aparılması ilə bağlı ola bilər. Bu qeyd də təzyiq dəyişikliklərini izləmək üçün yüksək dəqiqlikli dərinlik manometrlərinin tətbiqinin vacibliyini göstərir.

Son illərdə nasos-kompresor borularının və borulararası boşluğun daxilində təzyiqin ölçülməsi üçün hazırlanmış məsafədən idarə olunan stasionar manometrlerin təhlili, o cümlədən mayenin sıxlığını və su ilə qarışma dərəcəsinə təyin etmək üçün istifadə olunan sistemlərin tətbiqi zamanı bir sıra çatışmazlıqlar müəyyən edilmişdir:

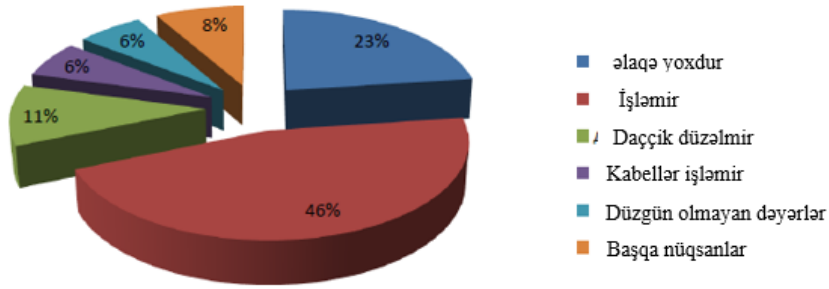
- quyunun gövdəsi iki budaqlı olduğundan, quyudibi ölçmə cihazlarının quyunun kamera nöqtəsindən aşağı endirilməsinin mümkün olmaması;

- nasos-kompresor borularının daxilində hidravlik kanalın geometriyasının dəyişməsi səbəbindən ştanqlı dərinlik nasosları ilə təchiz edilmiş quyularda istifadə oluna bilməməsi;

- təzyiq sensorlarının dərinlik üzrə dəyişmə ilə yerləşdirilməsi;

- nasos-kompresor borularının kolonunda ard-arda bir neçə sensorun quraşdırılmasının mümkün olmaması.

Termomanometrik sistem cihazları aşağıdakı çatışmazlıqları ilə izah edilir: aşağı etibarlılıq (xüsusilə enerji bağlantısı düyününün), mürəkkəb konstruksiya, yüksək dəyər. Dərinlik avadanlıqlarının nasazlıq faizləri isə 1.6-cı şəkildə göstərilmişdir.



Şək.6. Dərin avadanlıqların nasazlığının faizi.

Yuxarıda deyilənlərdən belə nəticəyə gəlmək olar ki, nasos-kompresor borularının daxilində və borulararası boşluqda təzyiqin eyni vaxtda ölçülməsi üçün, quyuların bütün fondlarında istifadə oluna bilən və nasos-kompresor boruları kolonunda ard-arda bir neçə sensorun quraşdırılmasına imkan verən bir sistemin hazırlanması zəruridir.

Bəzən dərinlik cihazlarının endirilməsi və buna uyğun olaraq quyunun daxilində texnoloji parametrlərin ölçülməsi texniki cəhətdən mümkün olmur və ya iqtisadi baxımdan səmərəsiz olur. Bu halda parametrlər dolayı metodla müəyyən edilir. Bu xüsusilə aşağı debetli quyular üçün aktualdır, burada quyunun istismar rejimini xarakterizə edən əsas parametrlərdən biri təzyiqdır.

Quyunun lay təzyiqinin hesablanması üçün bir sıra metodikalar mövcuddur, lakin hər bir hesablama alqoritmi konkret yataq üçün uyğundur. Praktik tətbiq üçün ən geniş istifadə olunan metodlardan biri "Hasan-Kabir" metodudur. Bu metod axın rejimlərinin proqnozlaşdırılmasına əsaslanır və quyunun şaftında bir yüksələn axın rejimindən digərinə keçid zamanı baş verən fiziki prosesləri nəzərə alır [1]. Metoduna görə, lay təzyiqini müəyyən etmək üçün nasosun qəbulunda olan təzyiq ilə quyunun lay təzyiqi arasındakı təzyiq qradienti ΔP hesablanır.

$$P_{\text{lay}} = P_1 + \Delta L \cdot \Delta P \quad (4)$$

Burada, P_1 – nasosun qəbul hissəsindəki təzyiqdır, hansı ki, nasosun qəbul hissəsində yerləşən təzyiq sensoru vasitəsilə ölçülür, vahidi-Pasqal.

[1]-cü işdə neftçıxarma quyusunun istismar rejiminin idarəetmə sistemində quyuyu dibi təzyiqinin dolayı üsulla əldə edilməsinin tətbiqi göstərilmiş və "Hasan-Kabir" metoduna görə quyuyu dibi təzyiqlərinin hesablanan göstəricilərinin müqayisəsi aparılmışdır. Məlum olmuşdur ki, hər iki metod müəyyən dəqiqlik xətası ilə xarakterizə olunur.

Təzyiqin hesablanması metodlarının tətbiq olunması əlavə tədqiqatlar tələb edir, çünki bu, neftçıxarma prosesinin idarəetmə sisteminin səmərəsiz işləməsinə səbəb ola bilər.

Məlumdur ki, quyunun aralıq boru məkanında olan və ayrı-ayrı komponentlərdən (neft, su və qaz) ibarət mayenin sıxlığının dəyişməsi də nəzərə alınmalıdır. Praktikada, adətən, təzyiq dinamik maye səviyyəsini quyudakı mayenin orta xüsusi çəkisinə vurmaqla əldə edilir. Bu cür ənənəvi metodlar, sıxlığın sabit dəyəri əsasında qurulduğuna görə, qaz tərkibinin yüksək olduğu hallarda nasosun qəbul hissəsindəki təzyiqin hesablanmasında 50%-ə qədər xətalara gətirib çıxarır.

Fəaliyyətdə olan neftçıxarma quyusundakı real təzyiq göstəricilərinin əldə edilməsi, quyularda əsaslı geoloji-texniki tədbirlərin planlaşdırılması və onların səmərəliliyinin kəmiyyətcə qiymətləndirilməsi üçün vacib amildir.

Neftçıxarma prosesinin effektiv idarə olunması üçün yalnız dərinlik nasosunun qəbul hissəsindəki təzyiqin ölçülməsi kifayət deyil. Quyunun sabit rejimə çıxarılması və onun sonrakı stabilizasiyası dövründə quyunun aralıq boru məkanındakı və dərinlik nasosunun çıxış

hissəsindəki təzyiğin, həmçinin quyu gövdəsinin müvafiq hissələrindəki maye sıxlığını təyin etmə imkanına malik olmaqla bir neçə nöqtədə təzyiğin əlavə ölçülməsi tələb olunur.

Neft hasil edən quyuların istismar rejimini xarakterizə edən əsas texnoloji parametrlər lay təzyiqi, dib təzyiqi, hasilat debiti və mayenin su ilə doyma dərəcəsidir. Bu parametrlərin dəyişməsi, fəaliyyətdə olan quyunun gövdəsində maye axınlarının və təzyiqlərin yenidən bölüşdürülməsinə səbəb olur. Bu dəyişikliklər daim nəzarətdə saxlanmalı və neft hasilatı prosesinin avtomatlaşdırılmış idarəetmə sistemlərinin alqoritmlərində məlumat təminatı kimi istifadə olunmalıdır.

Quyuların effektiv istismar rejiminə nail olmaq üçün təzyiğin davamlı monitorinqi aparılmalı, həmçinin hasil edilən mayenin sıxlığı və su ilə doyma dərəcəsinə nəzarət edilməlidir. Bu göstəricilər əsasən quyunun daxilində müşahidə olunmalı və dəyişikliklərə uyğun olaraq quyunun işi real vaxt rejimində operativ şəkildə idarə edilməlidir.

Əksər neft yataqlarının istismarın son mərhələsinə daxil olduğunu nəzərə alaraq, hasilat normasını stabiləşdirmək və neft sənayesini inkişaf etdirmək üçün yüksək effektiv texnoloji həllərin işlənilib hazırlanması və tətbiqi əsas şərtidir.

Neft hasilatı prosesinin idarəetmə sistemlərinin yaradılması zamanı nasos avadanlığının iş rejiminin səmərəli seçilməsi məsələsi qarşıya qoyulmalıdır. Bu halda, nasosun məhsuldarlığının tənzimlənməsi üsulu (nasosun növündən asılı olaraq) nəzərə alınmalıdır.

Bu sahədə yaranan bir sıra problemlərin həlli üçün quyunun gövdəsində nəzarət nöqtələrində təzyiğin ölçülməsi sisteminin işlənilib hazırlanması və tətbiqi tələb olunur. Bununla yanaşı, mayenin sıxlığı, su ilə doyma dərəcəsi, həmçinin idarəetmə alqoritmləri və neft hasilatı prosesinin idarəetmə sisteminin modelinin müəyyən edilməsi də vacibdir.

NƏTİCƏ

1. Neft hasilatı quyularında mövcud idarəetmə sistemləri texnoloji parametrlərin dəyişməsi şəraitində yetərincə effektiv deyil. Real vaxt rejimində mayenin su ilə qarışma dərəcəsi və sıxlığı kimi parametrlərin əldə olunması vacibdir. İnformasiya texnologiyalarının inkişafı bu problemlərin həllini tələb edir.

2. Quyunun stabil iş rejimini təmin etmək üçün dərinlik nasosunun giriş-çıxışında və quyu gövdəsində təzyiğin dəqiq ölçülməsi vacibdir. Mövcud təzyiq hesablanma metodları müəyyən səhvlərə səbəb olur. Bu, idarəetmə qərarlarının düzgün seçilməsinə və hasilat prosesinin optimallaşdırılmasına təsir edir.

3. Mövcud idarəetmə sistemlərinin təhlili göstərir ki, quyuların avtomatlaşdırılmasında tezliklə tənzimlənən elektrik ötürücülərinin və yüksək dəqiqlikli dərinlik ölçmə cihazlarının tətbiqi zəruridir. Bu texnologiyalar maye hasilatının və təzyiğin effektiv idarə olunmasına imkan yaradır və avadanlıqların iş qabiliyyətini artırır.

-
1. *Алаева Н.Н., Томус Ю.Б.* Применение метода расчета забойного давления с целью управления нефтескважиной // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2019. № 1. с. 73-81.
 2. *Нугаев И.Ф., Искупжин Р.В.* Динамическая модель нефтескважины на базе УЭЦН как объекта управления // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. 2012. № 5. с. 31-46.
 3. *Мищенко И.Т.* Скважинная добыча нефти: Учебное пособие для вузов. – М: ФГУП Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2003. - с.816.
 4. *Бармин А.* Устройства локальной автоматики. Микроконтроллеры. М.: Современные технологии автоматизации. №4. 2003.
 5. *Галицков С.Я., Масляницын А.П.* Автоматизация процесса добычи нефти погружным центробежным насосом. / Труды межвуз. науч.-практ. семинара- выставки / Самара, 1997 – с.37-38.

6. *Фархуллин Р.Г.* Комплекс промысловых исследований по контролю за выработкой запасов нефти. – Казань: Изд. «ТАТПОЛИГРАФЪ», 2002. – с.304.
7. *Самойлов Д.Ю.* Информационно-измерительная и управляющая система для интенсификации добычи нефти и определения обводненности продукции скважин: автореф. дис. ... канд. тех. наук. – Уфа, 2019. – с.23.
8. *Масляницын А.П.* Автоматизация технологического процесса добычи нефти погружным центробежным насосом: автореферат дис. ... кандидата технических наук: 05.13.07 / Самарская гос. архитектурно-строит. академия. - Самара, 1999.
9. *Ильясов Б.Г., Комелин А.В., Тагирова К.Ф.* Интеллектуальная автоматизированная система управления установкой электроцентробежного насоса // Вестник УГАТУ Т.9, №2(20). с.58-70.
10. *Шагиев Р.Г.* Исследование скважин по КВД. М.: Наука, 1998 – с.304.
11. *Щелкачев В.Н., Ланук Б.Б.* Подземная гидравлика. – Москва, 2001 – с.736.

АНАЛИЗ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ НЕФТЕДОБЫВАЮЩИМИ СКВАЖИНАМИ

ГАШИМОВ Х.Х., АСЛАНЛЫ С.Г.

Анализ систем управления нефтедобывающими скважинами показывает, что существующие системы не обеспечивают полностью эффективное управление при изменении технологических параметров. Для оптимизации эксплуатационных режимов скважин необходимо измерение в реальном времени таких ключевых параметров, как плотность жидкости, степень насыщенности водой и давление. Ошибки в методах расчета пластового и забойного давлений затрудняют принятие управленческих решений. Для стабильного и эффективного управления современными процессами нефтедобычи требуется постоянный мониторинг входного и выходного давления глубинных насосов, а также давления в различных точках ствола скважины. В этом контексте разработка новых систем автоматизации и внедрение более точных измерительных приборов являются одними из ключевых направлений повышения эффективности нефтедобычи.

Ключевые слова: нефть, пласт, штанга, насос, труба, добыча.

ANALYSIS AND IMPROVEMENT OF OIL PRODUCTION WELL MANAGEMENT SYSTEMS

HASHIMOV KH.KH., ASLANLI S.G.

The analysis of oil production well management systems indicates that existing systems do not fully ensure effective control in response to changes in technological parameters. To optimize the operational modes of wells, real-time measurement of key parameters such as fluid density, water saturation degree, and pressure is essential. Errors in the calculation methods of reservoir and bottomhole pressures hinder the accuracy of management decisions. For stable and efficient management of modern oil production processes, continuous monitoring of the intake and discharge pressures of downhole pumps, as well as pressure at various points within the wellbore, is required. In this context, the development of new automation systems and the implementation of more precise measurement instruments are among the key directions for enhancing oil production efficiency.

Keywords: Oil, reservoir, rod, pump, pipe, production.

DOI:10.70784/azip.5.2025350

KARBON EMİSSİYALARININ AZALDILMASINDA NÜVƏ ENERJİSİNDƏN İSTİFADƏNİN ÜSTÜNLÜKLƏRİ

RƏHİMOV F.A., RƏHİMOVA T.A.

*Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Azadlıq prospekti 20, Bakı,
Azərbaycan, AZ1010
rahimov_fa@yahoo.com*

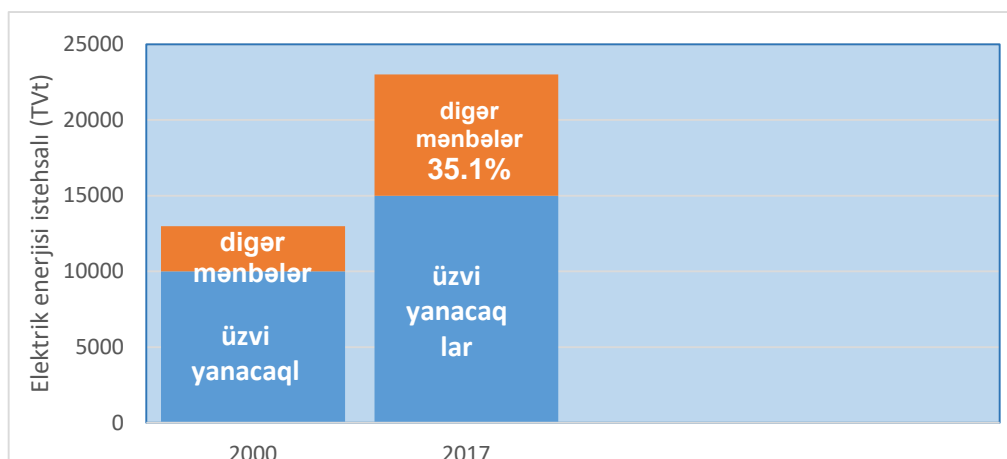
İstixana qazı emissiyalarının azalması və iqlim dəyişikliyi ilə mübarizə üçün dünya, üzvi yanacaqlardan sürətlə uzaqlaşmalıdır. Nüvə enerjisi isə karbon emissiyalarının tullantıları sahəsində ən aşağı həddə olan olan bir mənbə olaraq, etibarlı və təmiz elektrik enerjisini münasib qiymətə təmin edə və qlobal miqyasda istifadə və tətbiq oluna bilər.

Açar sözlər: iqlim dəyişikliyi, Paris sazişi, karbon emissiyaları, istixana qazları, nüvə enerjisi, qlobal istiləşmə.

Birləşmiş Millətlər Təşkilatı, 2015-ci il Paris Sazişində sənayedən əvvəlki dövrlə müqayisədə qlobal temperatur artımını 2°C-dən aşağı həddə saxlamaq və mümkün qədər 1,5°C ilə məhdudlaşdırmaq məqsədini əsas hədəf kimi müəyyən edib. BMT bu səbəbdən iqlim dəyişikliyi "zamanımızın həlledici problemi" kimi qiymətləndirir. Bu yanaşma, elmi dairələrdə 1,5°C-lik məhdudliyin iqlim dəyişikliyindən irəli gələn riskləri nəzərəcərpacaq dərəcədə azaldacağına dair formalaşmış razılığa əsaslanır. Lakin bütün bu çağırışlara baxmayaraq, enerji sektoru ilə bağlı karbon qazı emissiyaları artmaqda davam edir. 2018-ci ildə bu rəqəm 33,1 milyard tona çataraq rekord səviyyəyə yüksəlib və 2000-ci illə müqayisədə 40%-dən çox artım qeydə alınıb.

Son 20 il ərzində beynəlxalq səylər nəticəsində külək, günəş və digər bərpa olunan mənbələrdən əldə edilən elektrik enerjisinin həcmi artmışdır. Lakin bu artım, qalıq yanacaqların enerji istehsalındakı rolunu aradan qaldırmaq üçün kifayət etməmişdir. Əksinə, 2017-ci ildə qalıq yanacaqlardan əldə olunan elektrik enerjisi əvvəlki illərlə müqayisədə həm nisbi, həm də mütləq baxımdan daha çox olmuşdur. İqlim Dəyişikliyi üzrə Hökumətlərarası ekspertlər qrupunun (IPCC) 2018-ci ildə yaydığı hesabatda isə xəbərdarlıq edilir ki, dünya 2030-cu ilə qədər 1,5°C-lik istiləşmə həddini keçə bilər [1].

Bəşəriyyətin qarşılaşdığı ən böyük problemlərdən birinin həllinə kömək edə biləcək bütün texnologiyalar dərhal tətbiq edilməlidir. Gözləmək olmaz, çünki iqlim dəyişikliyinə təsirləri ilk növbədə ən yoxsul və həssas təbəqəyə təsir edəcək, vaxtında hərəkətə keçməmək isə ciddi humanitar nəticələrə yol açar bilər.



Şək.1. 2000 və 2017-ci illərdə elektrik enerjisi istehsalında üzvi və qeyri-üzvi yanacaqlardan istifadənin %-lə müqayisəsi.

Nüvə elektrik stansiyaları istismar mərhələsində heç bir istixana qazı tullantısı yaratmır. Həyat dövrü boyunca isə, nüvə enerjisi elektrik vahidi başına külək enerjisinə bənzər miqdarda karbon dioksid ekvivalenti emissiyası yaradır və bu göstərici günəş enerjisi ilə müqayisədə təxminən üçdə bir qədər azdır.

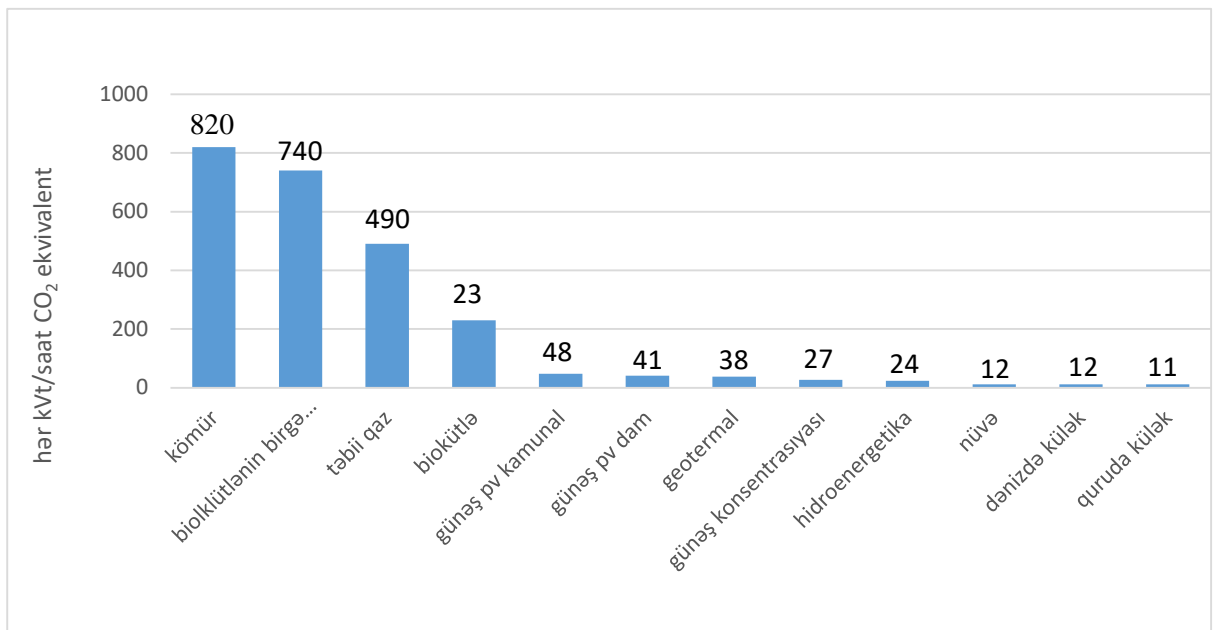
Mütəxəssislərin qənaətinə görə, iqlim dəyişikliyi ilə effektiv mübarizə aparmaq və qlobal temperatur artımını 1,5°C-dən aşağı saxlamaq üçün tələb olunan dərin karbonsuzlaşdırma (dekarbonizasiya) yalnız nüvə enerjisinin rolunun artırılması ilə mümkündür. Nüvə enerjisi həm etibarlı, həm də geniş miqyasda tətbiq oluna bildiyinə görə, üzvi yanacaqlarla işləyən istilik elektrik stansiyalarını birbaşa əvəz edə və onların yaratdığı zərərli tullantılardan qaçmağa imkan verir [2].

Nüvə energetikası bu gün elektrik enerjisinin 10%-ni təmin etməklə elektrik və istilik enerjiləri istehsalına mühüm töhfə verir və atmosfərə ən az karbon emissiyaları atan ən böyük elektrik enerjisi hasil edən mənbədir. 2018-ci ildə qlobal elektrik enerjisi təchizatında iqtisadiyyatı inkişaf etmiş ölkələrdə elektrik enerjisi hasilində nüvə enerjisinin payı 18% təşkil edirdi.

Bununla belə, qlobal elektrik enerjisi təchizatında nüvə enerjisinin payı son illərdə azalmışdır. Bu, 1970 və 1980-ci illərdə tikilmiş bəzi Atom elektrik stansiyalarının istismar müddətlərinin başa çatması ilə və məlum qəzalardan sonra atom ölkələrinin çəkinərək yeni reaktorların tikintisinin dayandırılması ilə əlaqədardır. Bu, da öz növbəsində təmiz elektrik sistemə keçidi ləngitdi. Əhəmiyyətli təsiri olmasına baxmayaraq günəş və külək enerjisinin artımı, təmiz enerji mənbələrinin ümumi elektrik təchizatında ümumi payının 2018-ci ildə 36% səviyyəsində, nüvə enerjisindən istifadənin azalması səbəbindən 20 il əvvəlki ilə eyni idi. AES-lərin bərpası elektrik enerjisi təchizatının karbonsuzlaşdırılmasının sürətini artırmaq üçün həyati əhəmiyyət kəsb edəcək.

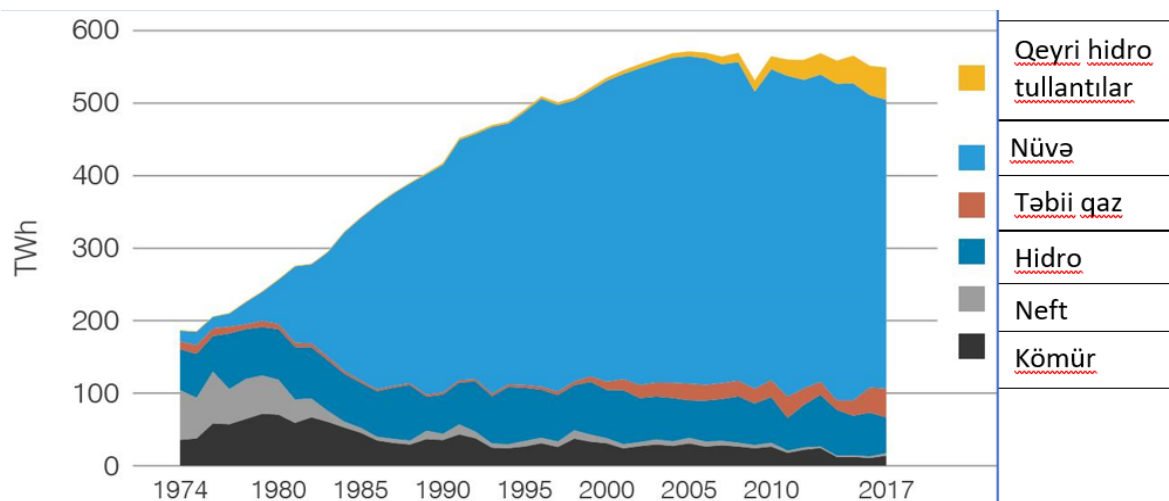
Hal-hazırda nüvə enerjisindən istifadə, miqyas baxımından, dünyada istismar olunan bütün avtomobillərin üçdə birinin yollarımızdan çıxarılması ilə bərabər miqdarda karbon tullantısının qarşısını alır.

Kaliforniyada yerləşən Diablo Kanyon elektrik stansiyası kimi nüvə enerji obyektləri, əhaliyə hər gün etibarlı və sərfəli elektrik enerjisi təmin edir. Müasir dövrdə cəmiyyətin elektrik enerjisinə olan asılılığı artır, çünki nəqliyyat, evlərin isitmə sistemləri və sənaye prosesləri sürətlə elektriklişir. İstehlak nöqtəsində elektrik təmiz olsa da, onun istehsalı bütün enerji ilə bağlı karbon emissiyalarının 40%-dən çoxuna səbəb olur. Buna görə də, sürətlə artan dünya əhalisini həm etibarlı, həm də sərfəli elektrik enerjisi ilə təmin etməklə yanaşı, elektrik istehsalının karbonsuzlaşdırılması, iqlim dəyişikliyi ilə mübarizədə əsas hədəflərdən biri olmalıdır [2].



Şək.2. Hər kVt/saat elektrik enerjisi hasil etmək üçün müxtəlif mənbələrdən atmosfərə atılan CO₂-nin qramlarla miqdarı.

Nüvə enerjisi, iqlim dəyişikliyi hələ qlobal gündəmdə olmadığı dövrdə belə, dayanıqlı enerji keçidlərini təmin etmək üçün güclü bir katalizator ola biləcəyini sübut etmişdir. Fransa bu sahədə nümunəvi ölkədir – o, elektrik enerjisinin 70%-dən çoxunu nüvə enerjisindən əldə edir. Bu göstərici, dünyada nüvə enerjisinə ən yüksək pay ayıran ölkə olaraq Fransanı önə çıxarır. Nəticədə, Fransanın elektrik enerjisi sektorunda karbon emissiyaları Avropa ortalamasının altıda birinə bərabərdir. Cəmi 15 il ərzində nüvə enerjisi Fransanın enerji sistemində kiçik paydan əsas mənbəyə çevrilmişdir və bu, nüvə enerjisinin iqlim dəyişikliyi ilə mübarizədə lazım olan sürətlə genişləndirilə biləcəyini açıq şəkildə göstərir [5].



Şək.3. 1974–2017-ci illərdə elektrik enerjisi istehsalında Fransanın istifadə etdiyi enerji mənbələrinin təsnifatı [5].

Bu şəkil Fransanın 1974–2017-ci illər arasında elektrik enerjisi istehsalında istifadə etdiyi enerji mənbələrinin dəyişməsinə göstərir. Qrafikdə müxtəlif enerji növlərinin illər üzrə payı teravatt-saatla (TVt) göstərilib.

Nüvə sənayesi, iqlim dəyişikliyi probleminin miqyasını və təciliyini, həmçinin bütün aşağı karbonlu enerji mənbələrinin oynayacağı mühüm rolunu dərk edir. “0 karbon emissiyaları” təşəbbüsü 2050-ci ilə qədər karbon neytrallığına çatmaq üçün qlobal nüvə potensialını ən azı üç dəfə artırmaq məqsədini güdür və bu məqsədə çatmaq üçün hökumət və sənaye liderləri arasında görünməmiş əməkdaşlıq tələb edir. Dünyamızın nüvə enerjisinə ehtiyacı var və bu günün çağırışlarına cavab vermək, həmçinin bizi sabahın hədəflərinə yönəltmək üçün bu sahədə daha çox inkişaf etməliyik.

Nüvə enerjisi, bərpa olunan enerji mənbələri, enerji səmərəliliyi və digər innovativ texnologiyalarla birlikdə, dayanıqlı enerji məqsədlərinə çatmağa və enerji təhlükəsizliyini artırmağa mühüm töhfə verə bilər.

1. <https://www.iea.org/reports/nuclear-power-in-a-clean-energy-system>
2. <https://world-nuclear.org/nuclear-essentials/how-can-nuclear-combat-climate-change>
3. Williams M. (2012) Climate change: information kit, Geneva: the United Nations Environment Programme (UNEP) and the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC).
4. BEIS (Department for Business, Energy & Industrial Strategy) (2019a), “Statement on suspension of work on the Wylfa Newydd nuclear project”, www.gov.uk/government/speeches/statement-onsuspension-of-work-on-thewylfa-newyddnuclear-project.
5. EDF (Électricité de France) (2017), “2017 facts & figures”, www.edf.fr/sites/default/files/contrib/groupeedf/espaces-dedies/espace-finance-en/financial-information/publications/facts-figures/facts-andfigures-2017-en.pdf.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ ОКСИДОВ УГЛЕРОДА

РАГИМОВ Ф.А., РАГИМОВА Т.А.

Чтобы сократить выбросы парниковых газов и бороться с изменением климата, миру необходимо как можно скорее отказаться от ископаемого топлива. Ядерная энергия, как источник с наименьшими выбросами углерода, может обеспечить надежное и чистое электричество по доступной цене и может использоваться и применяться в глобальном масштабе.

Ключевые слова: изменение климата, Парижское соглашение, выбросы углерода, парниковые газы, ядерная энергетика, глобальное потепление.

PROSPECTS OF USING NUCLEAR ENERGY TO REDUCE CARBON OXIDES

RAHIMOV F.A., RAHIMOVA T.A.

To reduce greenhouse gas emissions and combat climate change, the world must rapidly transition away from fossil fuels. Nuclear power, as a source with the lowest carbon emissions, can provide reliable and clean electricity at an affordable price and can be used and deployed on a global scale.

Keywords: climate change, Paris Agreement, carbon emissions, greenhouse gases, nuclear energy, global warming.

DOI:10.70784/azip.5.2025354

ASINXRON MÜHƏRRİKİN QOŞULMA ÜSULLARI VƏ QEYRİ BƏRABƏR MAQNETİK DARTISININ DAİRƏVİ ZAMAN İNTERVALI QRAFİKİ İLƏ İDENTİFİKASIYASI

PİRİYEVA N.M., ABBASLI X.R.

*Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti
AZ1010, Bakı, Azadlıq prospekti, 20
necibe.piriyeva@mail.ru
abbaslixeyal@gmail.com*

Asinxron mühərrikin qoşulma üsullarının xüsusiyyətlərinin təhlili mühərrikin enerji effektivliyini artırmaq, onun işləmə şəraitini optimallaşdırmaq, sistemin etibarlılığını və təhlükəsizliyini təmin etmək, sənaye proseslərini səmərəli idarə etmək və texniki xidmətin keyfiyyətini yaxşılaşdırmaq üçün zəruridir. Qeyri-bərabər maqnit dartısı (QBMD) fırlanan elektrik maşınlarının etibarlılığına, enerji səmərəliliyinə və uzunmüddətli istismar dayanıqlığına əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərən mürəkkəb elektromaqnit hadisədir. Bu hadisə, əsasən, rotorun mexaniki mərkəzi ilə maqnit oxunun üst-üstə düşməməsi nəticəsində yaranır və hava boşluğunun qeyri-bərabər paylanması ilə müşahidə olunur. Məqalədə sənaye şəraitində quraşdırılmış böyük gücə malik üç fazlı induksiya mühərrikinin yüksüz işləmə sınağı zamanı qeydə alınmış QBMD-nin müşahidəsi və təhlili göstərilir. Sınaq prosesində qeyri-adi vibrasiya göstəriciləri, maqnit sahəsinin qeyri-simmetrik paylanması və elektrik parametrlərindəki (cərəyan və gərginlik) qiymətləri ilə dartı hadisəsi müəyyən edilmişdir. Tədqiqat nəticələri göstərir ki, belə halların vaxtında aşkarlanması və aradan qaldırılması mühərriklərin uzunömürlülüyünün və təhlükəsiz işləməsinin təmin edilməsində mühüm rol oynayır. Məqalədə həmçinin QBMD-nin diaqnostikası, monitorinqi və azaldılması üçün vibrasiya və elektromaqnit analizinə əsaslanan təcrübə yönümlü metodoloji yanaşmalar göstərilmişdir.

Açar sözlər: asinxron mühərrik, etibarlılıq, “yumşaq” işə salma, Soft Starter, inverter, sinxron, optimallaşdırmaq, qeyri-bərabər maqnit dartısı, eksentriklik, vibrasiya.

Giriş. Asinxron mühərrik dünya təcrübəsində ən çox inkişaf tapmış elektrik mühərrikidir. Asinxron mühərriklər özlüyündə sadə konfigurasiyaya malik olurlar. Onların düzgün və effektiv işləməsi, enerjiyə qənaət, uzunömürlülük və sistemin etibarlılığı üçün mühüm amillərdən biridir. Asinxron mühərriklərin qoşulma üsulları isə bu mühərriklərin enerji təchizatı ilə əlaqəsinin və idarəsinin əsas mexanizmini təşkil edir. Onların müxtəlif qoşulma üsulları mövcuddur və bu üsullar mühərrikin konstruksiyasına, iş şəraitinə və tətbiq sahəsinə görə seçilir. Bu qoşulma üsulları mühərrikin işə düşmə xüsusiyyətlərini, momentini və səmərəliliyini müəyyən edir. Araşdırmalar nəticəsində aşağıda asinxron mühərrikin əsas qoşulma üsulları və onların xüsusiyyətlərinin təhlili göstərilmişdir.

1. Birbaşa Şəbəkəyə Qoşulma (Direct-on-line, DOL)

- Mühərrik birbaşa 380V (və ya sistem gərginliyinə uyğun) şəbəkəyə qoşulur. Sadə və ucuz qoşulma üsuludur. Bu qoşulma ancaq kiçik və orta gücdə mühərriklər üçün uyğundur.

Sxemin sadə və aşağı qiymətə olması üstün cəhətidir.

2. Ulduz-Üçbucaq qoşulma

Bu tip **qoşulmada** mühərrik əvvəlcə ulduzla işə salınır, sonra avtomatik olaraq üçbucağa keçir. Başlanğıcda cərəyan azaldığı üçün elektrik şəbəkəsində yük az olur. Orta və böyük güclü mühərriklərin yumşaq işə salınması üçün istifadə olunur.

3. Avtotransformator vasitəsilə qoşulma

Başlanğıcda mühərrikə gərginlik avtotransformator vasitəsilə azaldılaraq verilir, Sonra tam gərginliklə işə davam edir. Başlanğıc cərəyan və moment tənzimlənmə bilər. Bu qoşulma böyük gücdə mühərriklər üçün uyğundur.

4. Reostat vasitəsilə rotor dövrəsinə qoşulma (Sürüşkən halqalı mühərriklər üçün).

Bu qoşulmada xarici reostat rotora ardıcıl qoşulur. Başlanğıcda reostat maksimum müqavimət verir, sonra tədricən azaldılır. Bu üsuldən yüksək başlanğıc momenti tələb olunan hallarda tətbiq edilir (kranlar, liftlər və s.). Rotor dövrəsinə reostat qoşularaq başlanğıc

momenti və cərəyan tənzimlənilir. Xüsusilə ağır iş rejimi olan qurğularda istifadə olunur (məsələn, kranlar, preslər).

5. Mühərrikin Soft Starter (yumşaq işə salma cihazı) ilə qoşulması.

Bu üsul müasir idarəetmə üsuludur. Mühərrikin işə düşməsi zamanı gərginlik və tezlik tənzimlənilir, beləliklə cərəyan sıçrayışı və moment təcridən artır. Sənaye avadanlıqlarında və avtomatlaşdırılmış sistemlərdə geniş istifadə olunur. Elektron idarəetmə vasitəsilə mühərrikin təcridən işə düşməsi təmin olunur və başlanğıc gərginliyi və momentini proqramlaşdırılır.

6. Frekans çeviricisi ilə qoşulma

Bu qoşulmada mühərrik gərginlik və tezliyi dəyişən formada qidalanır və Sürət geniş diapazonda tənzimlənə bilər.

Araşdırmalardan və müqayisəli təhlillərdən alınan nəticələr cədvəl 1-də göstərilmişdir.

Araşdırmalardan və müqayisəli təhlillərdən alınan nəticələr

Cədvəl 1

Qoşulma üsulu	Başlanğıc cərəyan	Başlanğıc moment	Qiymət	İstifadə sahəsi
DOL	Yüksək	Yüksək	Aşağı	Kiçik mühərriklər
Ulduz-Üçbucaq	Orta	Orta	Orta	Orta gücdə mühərriklər
Avtotransformator	Aşağı - Orta	Orta - Yüksək	Yüksək	Böyük gücdə mühərriklər
Reostat (halqalı rotor)	Aşağı	Yüksək	Yüksək	Ağır rejimli qurğular
Soft starter	Aşağı	Tənzimlənən	Yüksək	İncə idarəetmə tələb edən
Frekans çevirici	Aşağı	Tam tənzimlənən	Çox yüksək	Sürət tənzimlənməsi tələb edən

Qoşulma üsullarının düzgün təyini mühərrikin daha çox yüklənməsini, qızmasını və nasazlıqlarını önəyir. Bu da texniki xidmət xərclərini azaldır və mühərrikin ömrünü uzadır.

Beləliklə, qoşulma üsullarının təhlili — mühərrikin effektiv, təhlükəsiz və uzunömürlü işləməsi üçün vacib olan texniki və iqtisadi əsaslandırmanı təmin edir.

Məsələnin qoyuluşu. Qeyri-bərabər maqnit dartısı (QBMD) asinxron maşınlarda yaranan radial elektromaqnit qüvvədir. Bu qüvvə rotorun stator hava aralığında ideal şəkildə mərkəzləşdirilməməsindən əmələ gəlir. Saz mühərriklərdə rotor və stator hava aralığı yekcins-bərabər olur, bu səbəbdən maqnit sahəsi bərabər paylanır. Amma əgər rotor statorun həndəsi mərkəzindən kənara meyli edirsə (yastıqlarda olan problemlər olarsa, rotorun mexaniki problemləri, rotorun əyilməsi və s. səbəbindən) rotorla stator arasındakı hava boşluğu bir hissədə kiçik digər hissələrdə isə daha böyük olacaqdır. Bu hadisə maqnit selinin sıxılığının hava aralığı kiçik olan sahələrdə daha çox olmasına gətirib çıxaracaq bu da öz növbəsində lateral elektromaqnetik qüvvə əmələ gətirəcəkdir ki, bu da Qeyri-bərabər maqnit dartısıdır.

Məsələnin həlli. Bu məqalədə sənaye şəraitində quraşdırılmış böyük gücə malik üç fazlı induksiya mühərrikinin yüksüz işləmə sınağı zamanı qeydə alınmış QBMD-nin müşahidəsi və təhlili təqdim olunur. Sınaq prosesində qeyri-adi vibrasiya göstəriciləri, maqnit sahəsinin qeyri-simmetrik paylanması və elektrik parametrlərindəki (cərəyan və gərginlik) qiymətləri vasitəsilə dartı hadisəsi müəyyən edilmişdir. Təhlil nəticəsində QBMD-nin əsas səbəbləri kimi rotorun stator mərkəzinə nəzərən eksentrik yerləşməsi, həmçinin hava boşluğunun mexaniki deformasiyalar və montaj xətalərindən irəli gələn qeyri-bərabər paylanması müəyyən edilmişdir. Bu amillərin mühərrikin istismar dövründə yastıqlara əlavə mexaniki yüklər yaratdığı, vibrasiyanı artırdığı və enerji itkilərinə səbəb olduğu müəyyən edilmişdir. QBMD ən kiçik hava aralığı olan tərəfə hərəkət edir, əgər rotor müəyyən problemlər səbəbindən statorun həndəsi mərkəzindən kənara meyli edirdisə bu qeyri-bərabər dartı onu daha çox mərkəzdən kənara itələyəcəkdir. Bu hadisə sistemə neqativ sətlik gətirir ki, nəticədə rotor eksentrsikliyi kompensasiya etmək əvəzinə qüvvətlənir. Bu qüvvəyə belə bir ifadə verə bilərik.

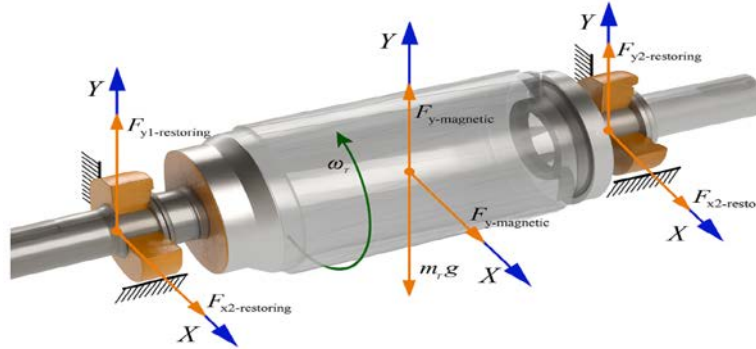
$$F_{qt} = k \frac{\partial}{g_0}$$

∂ -hava boşluğundakı eksentriklik.

g_0 -nominal hava boşluğu.

k -mütənəsiblik sabiti maşının dizaynından asılıdır.

Şəkil 1-də qeyri bərabər maqnit dartısının rotor üzərindəki qüvvələri dekart 2-li kordinat sistemində göstərilmişdir. Burada yastıqdakı qüvvələr və ağırlıq qüvvəsi qeyri bərabər maqnit dartısını stabiləşdirməyə çalışır. Maqnit sahəsi isə dartını gücləndirir.



Şək.1. Dekart 2-li kordinat sistemində qeyri bərabər maqnit dartısının rotor üzərindəki qüvvələri.

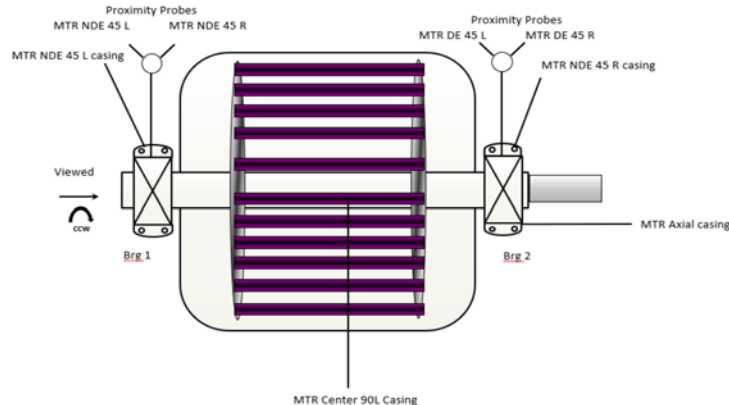
Elektrik Mühərriklərində QBMD-nin müəyyən olunması:

Yuxarıda qeyd etdiyimiz kimi QBMD rotorun eksentrikliyini artıran bir qüvvədir, rotorun eksentrikliyi artdığı üçün bu qüvvə mühərrikin yastıqlarına ötürülür və valın yastıq daxili yerdəyişməsinə artırır, bu vibrasiya həmçinin stator gövdəsinə də ötürülür. Ona görə də bu problemi müəyyən etmək üçün, elektrik və mexaniki parametrləri ölçə bilərik. QBMD-nin müəyyən olunmasında müxtəlif teoretik üsullar mövcuddur. Maksvell Gərginlik tensoru üsulunu; Dolaq Funksiyası yanaşması, 2D və 3D sonlu element metodunu və s. bunlara misal gətirə bilərik [4-11]. Biz problemin tapılması üçün empirik metodu -vibrasiyaya nəzarət cihazı və dairəvi zaman intervalı qrafikini nəzərdən keçirəcəik.

Baxılacaq mühərrikin gücü 4 MW, fırlanma sürəti isə 3000 RPM dir. Mühərrikdə nasazlığı müəyyən etmək üçün istifadə olunmuş vibrasiyaya nəzarət cihazları; fırlanan maşınların avtomatik diaqnostika avadanlığı (FMADA 408) və ona qoşulu olan 330500 tipli pyezoelektrik vibrasiyanın sürətini ölçən vericilərdir. Bundan başqa test zamanı, rotorun yastıq daxili val vibrasiyasına nəzarət üçün yaxınlıq (proximity) vericilərindən də istifadə olunmuşdur. Ümumilikdə 8 vericidən istifadə olunmuşdur bunlardan 4-ü yaxınlıq vericiləri və 4 vibrasiyanın sürətini ölçən vericilərdir.

Bu vibrasiya sürəti vericiləri, MTR NDE (mühərrik fırlanmayan son), MTR DE (mühərrik fırlanan son-yükə qoşulan hissə), Mühərrik mərkəz və MTR X-oxu ölçümü kimi aşağıdakı şəkil 2-də göstərilmişdir.

MTR NDE vericisi yuxarıdan baxdığımızda yastıq korpusunun üzərində 45 dərəcə sol, MTR DE yastıq korpusunun üzərində 45 dərəcə sağ kimi maqnit əsası vasitəsilə quraşdırılıb. Mühərrik Mərkəz vericisi rotorun mərkəz finlərinə maqnit ilə bərkidilib. Rotorun, statorun elektromaqnit sahəsində mərkəzində dayanıqlı yerini müəyyən etmək üçün MTD DE (fırlanan son) yastığın korpusuna X-oxu istiqamətində verici bərkidilmişdir. Bundan əlavə məlumatların mühərrikin sürəti ilə sinxron toplanması üçün vala sürət ölçən yaxınlıq (proximity) vericiləri də bərkidilmişdir. Vericilərin mühərrik üzərində yerləşməsinə aşağıda göstərilmiş sxematik diaqramda görə bilərik.



Şək.2. Vibrasiyaya nəzarət vericilərinin ölçmə nöqtələri.

Bütün vericilər mühərrik üzərində bərkidildikdən sonra onların siqnal kəbelləri məlumatların toplanması və gələcək qrafik təsvir üçün FMADA 408 avadanlığına birləşdirilmişdir [11-14].



Şək.3. FMADA 408 (ADRE).

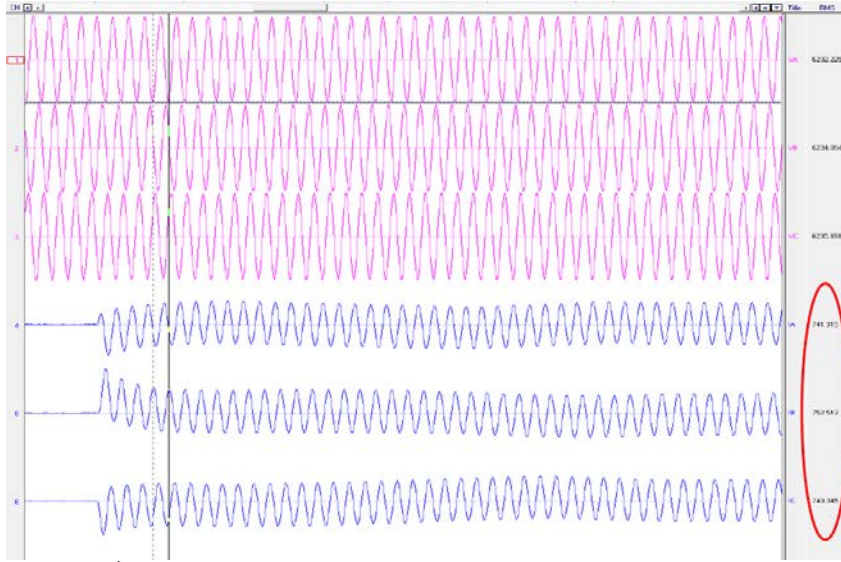
Ölçülər alınmamışdan öncə rotor mexaniki yükədən açılmış, yuxarıda göstərilən vericilər mühərrikin üzərində quraşdırılmışdır. Mühərrik işə DOL (birbaşa işə salma metodu) ilə qoşulmuşdur [15, 16]. Mühərrikin vibrasiyasına aşağıdakı rejimlərdə baxılmışdır; işə düşmə, tam sürət və söndürülmə (sürətin azalması). Elektromaqnit sahəsinin rotordakı effektini müəyyən etmək üçün, sürət azaldılmadan öncə, elektrik enerjisinin stator dolaqlarına verilməsi test məqsədi ilə ani olaraq kəsilmişdir. Elektrik enerjisi rotor tam dayanana qədər bir daha verilməmişdir.

Vericilərdən toplanmış vibrasiya ölçümləri FMADA SXP proqram təminatı vasitəsilə vizualizə edilmiş və baxılmışdır. Məlumatların analizi üçün FMADA SXP proqram təminatındaki qrafiklərdən istifadə olunmuşdur. Bu qrafiklərə misal olaraq zaman intervalı (timebase) qrafikini və dairəvi (wrapped timebase) zaman intervalı qrafikini göstərmək olar [5].

Zaman intervalı qrafiki vibrasiyanın amplitudunun zamana görə dəyişməsinə göstərir başqa dildə desək; zaman intervalı qrafiki siqnalın ani amplitudasının zaman funksiyası kimi təqdimatıdır. Ani rəqəmsal qiymətlər birləşdirildikdə, bərpa olunan dalğaforması siqnalın zaman oblastında klassik osiloskop görüntüsünə uyğun gəlir. Zaman intervalı qrafikləri FMADA Sxp və System 1* kimi proqram təminatlarında vibrasiya məlumatlarını göstərmək üçün çox geniş istifadə olunur. Sxp proqramında “dairəvi zaman intervalı” qrafiki dalğaforması məlumatlarını x-y qrafiki əvəzinə dairəvi formatda göstərir. İzlənilən rotordanın hər bir tam fırlanması tam bir dairə ilə təsvir olunur. Vibrasiya siqnalının tam miqyaslı diapazonu daxili və xarici dairələr arasındakı məsafə ilə qrafik olaraq ifadə edilir. Akselerometr siqnalı “+” (sensor istiqamətində) və “-” (sensor istiqamətindən uzaq) olaraq, “0” dəyərini göstərən kəsikli dairə ətrafında əks olunur [3].

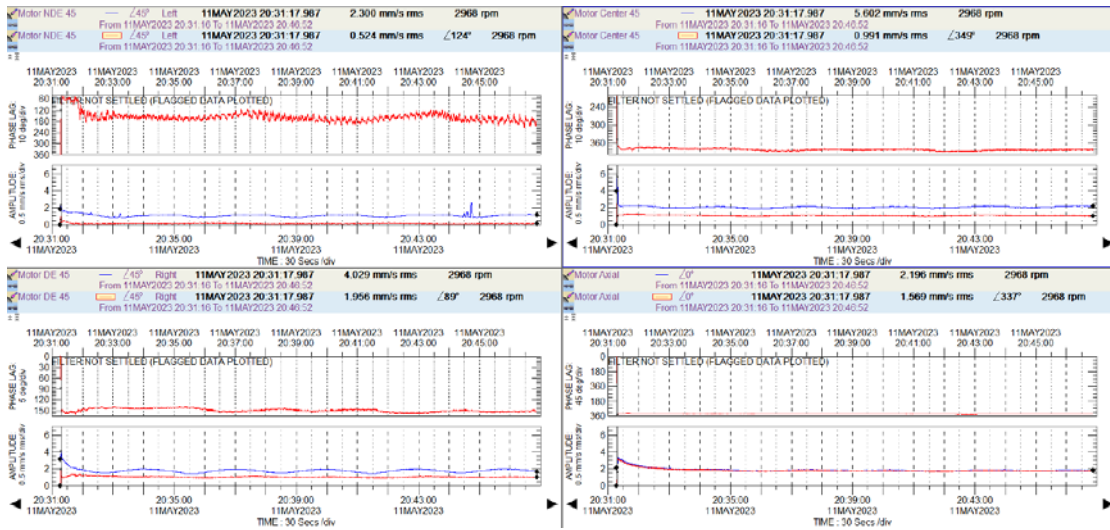
İndi işə toplanmış məlumatların dairəvi zaman intervalı qrafiki ilə vizualizasiyasına baxaq.

İşə düşmə: İlkin olaraq işə düşmə anında vibrasiya sürət vericilərinin siqnallarının güclü şəkildə təhrif olduğunu görə bilərik. Burada qırmızı dairə şəklində göstərilmiş qrafik, gözlənilən dairəvi zaman intervalı qrafikidir. Ümumi olaraq ölçülən nöqtələrdə vibrasiyanın amplitudunun və fazasının zamana görə dəyişməsində yüksək qiymətlər MTR DE nöqtəsində 4 mm/s OKK (Orta Kvadratik Kök dəyəri-RMS) və Mühərrik mərkəz nöqtəsin 5 mm/s OKK civarında dəyişir. Cərəyan və gərginliyin (şəkil 4.) qiymətlərindən fazalara görə qiymətlərin bərabər olduğunu görə bilərik bu da stator daqlar bağlı bir problemin olmadığını söyləməyə əsas verir.

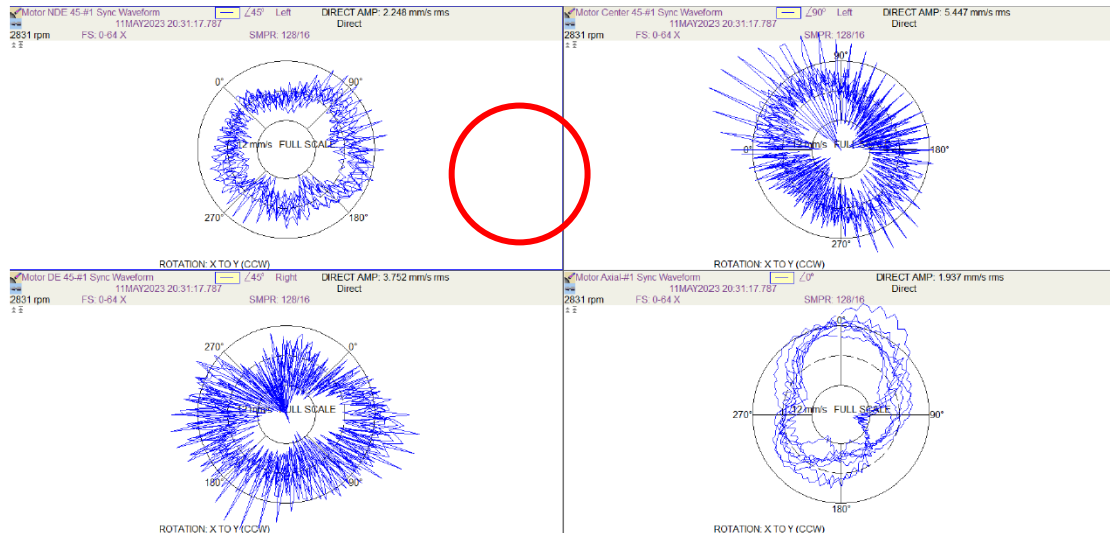


Şək.4. İşə düşmə zamanında fazalara görə gərginlik çəhrayı rəngdə və cərəyan mavi rəngdə.

Şəkil 5-də vibrasiyanın amplitudunun və fazasının zamana görə dəyişməsi Şəkil 6-da isə elektrik mühərrikin işə düşməsi anında dairəvi zaman intervalı qrafiki göstərilmişdir.



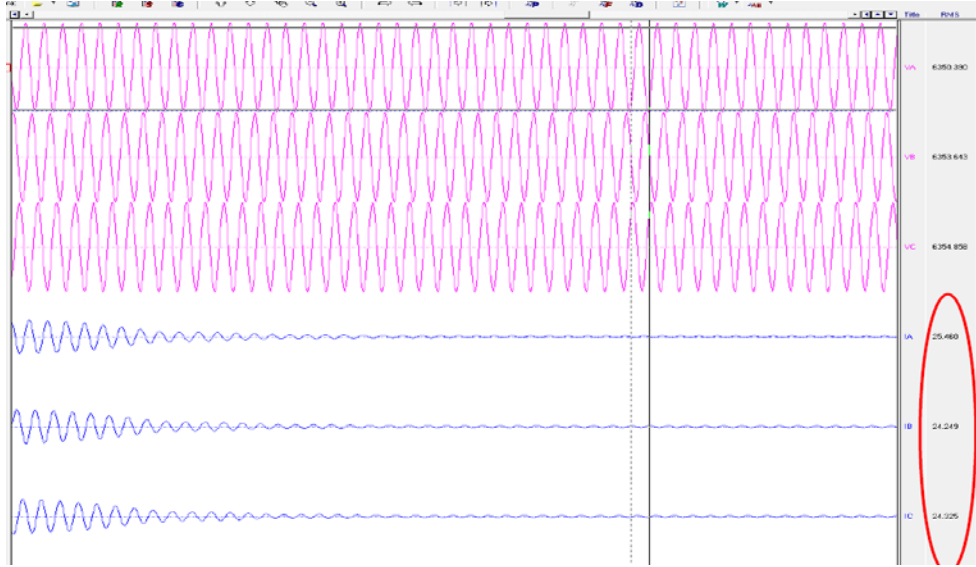
Şək.5. Vibrasiyanın amplitudunun və fazasının zamana görə dəyişməsi.



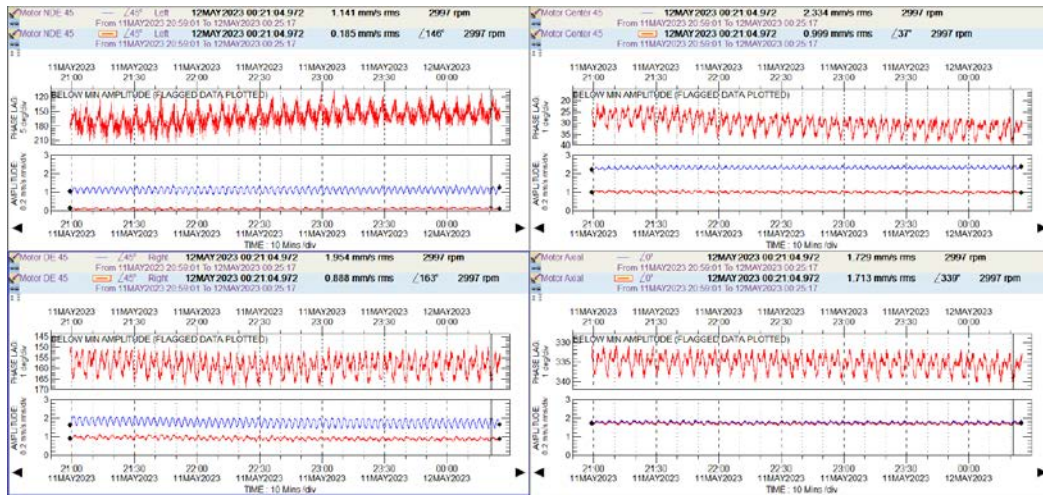
Şək.6 Elektrik mühərrikinin işə düşməsi anında dairəvi zaman intervalı qrafiki.

Tam sürətdə çalışma:

Şəkil 7-də tam sürətdə çalışma zamanında fazalara görə gərginlik çəhrayı rəngdə və cərayan-mavi rəngdə olmaqla göstərilmişdir. Mühərrik tam sürətdə çalışan zaman vibrasiya sürəti ölçən vericilərin siqnalları işə düşmə anına nisbətdə daha az təhrif olunmuş şəkildə görə bilərik. Burada dairəvi zaman intervalı qrafiki, dairəvidən daha çox ellipsvari şəkildə özünü göstərir. Vericilərdən alınan siqnalların amplitudunun və fazasının zamana görə dəyişməsi qrafikində periodik dəyişən amplituda və faza qiymətləri müşahidə olunur (şəkil 8).

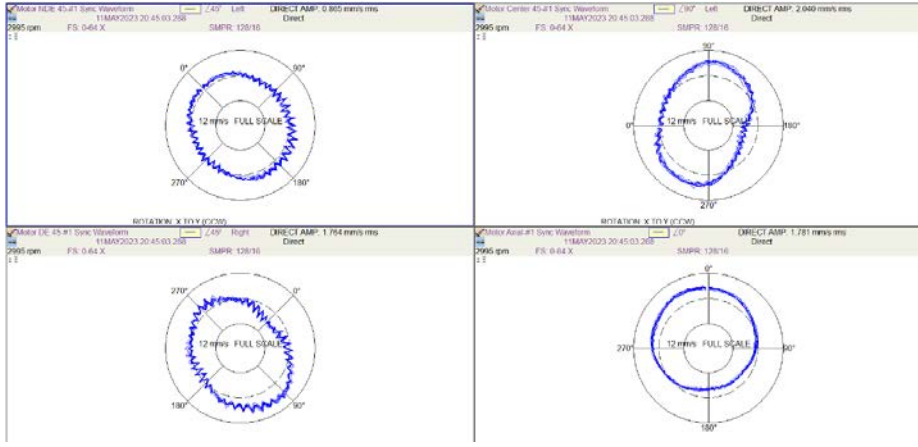


Şək.7. Tam sürətdə çalışma zamanında fazalara görə gərginlik çəhrayı rəngdə və cərayan-mavi rəngdə.

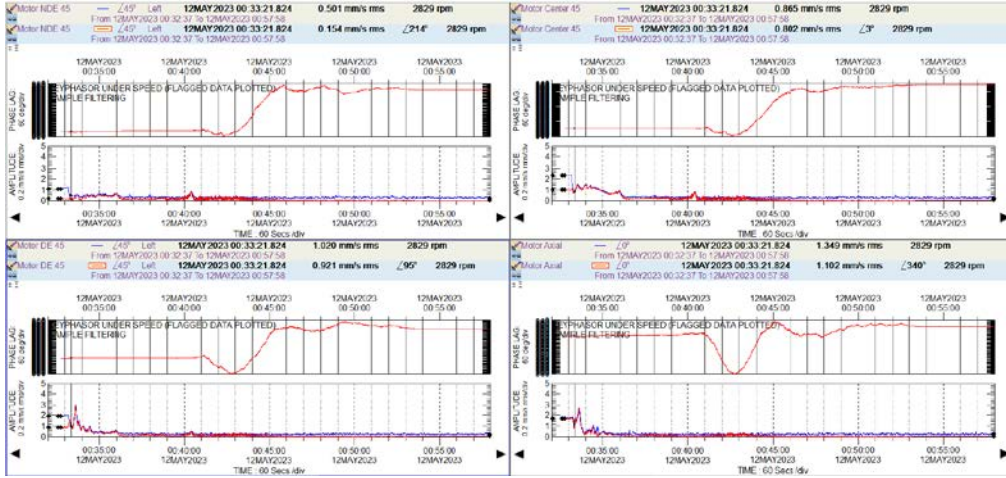


Şək.8. Tam sürətdə çalışma zamanında vibrasiyanın amplitudunun və fazasının zamana görə dəyişməsi.

Şəkil 9-da elektrik mühərrikinin tam sürətdə çalışması zamanı dairəvi zaman intervalı qrafiki göstərilmişdir. Elektrik enerjisinin kəsilməsi, sürət azalması: Elektrik enerjisi kəsildikdə statorun fırlanan sahəsi dayanır və rotordan EHQ induksiyanı və maqnit sahəsi zəifləməyə doğru gedir. Bu rejim zamanı, əvvəlki rejimlərdən fərqli olaraq rotorun fırlanması zamanı qeyri-bərabər maqnit dartısı azalır. Bu zaman mühərrikdə vibrasiya sürəti ölçümləri tam dairəvi zaman əsası qrafiki göstərir və siqnalın təhrif olunmadığını görə bilərik. Mühərrik sürətinin 100 dövr/san azalması zamanı şəkil 10- da ölçülən, vibrasiya göstəricilərinin şəkil 8 göstəricilərinə nisbətə 4 dəfə azaldığını müşahidə edə bilərik.

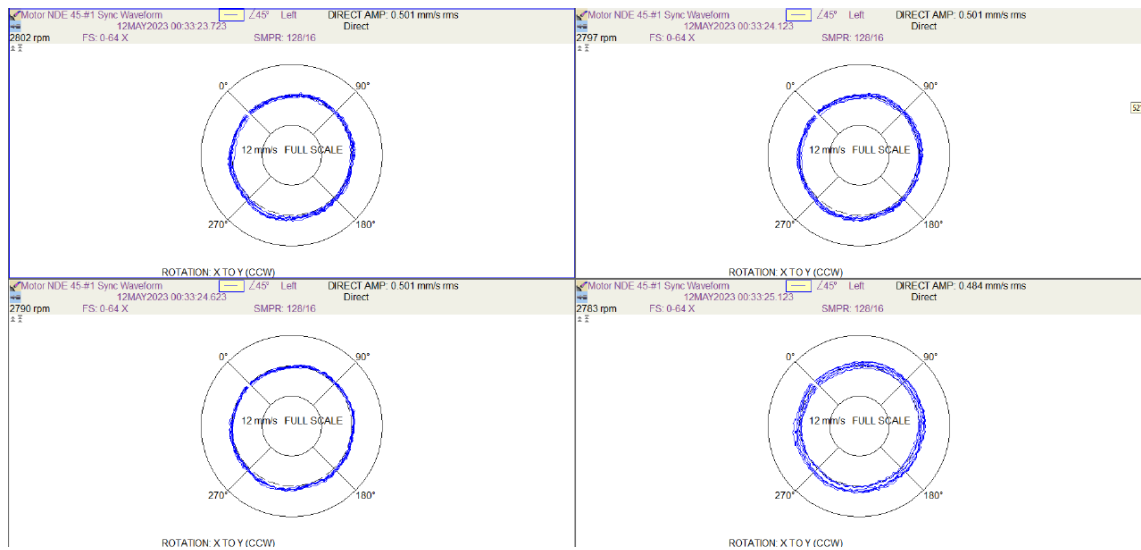


Şək.9. Elektrik mühərrikinin tam sürətdə çalışması zamanı dairəvi zaman intervalı qrafiki.



Şək.10. Sürətin azılması zamanı vibrasiyanın amplitudunun və fazasının zamana görə dəyişməsi.

Şəkil 11-də isə elektrik mühərrikinin elektrik enerjisinin kəsilməsi anında dairəvi zaman intervalı qrafiki göstərilmişdir.



Şək.1. Dairəvi zaman intervalı qrafiki elektrik mühərrikinin elektrik enerjisinin kəsilməsi anında.

NƏTİCƏ

Məqalədə asinxron mühərrikin qoşulma üsullarının xüsusiyyətləri təhlil olunmuşdur. Asinxron mühərriklərin düzgün qoşulma üsulunun seçilməsi, sistemin etibarlı, səmərəli və uzunömürlü işləməsi üçün vacibdir. İşə düşmə zamanı start cərəyanının azaldılması və momentin tənzimlənməsi həm enerji qənaəti, həm də avadanlığın mühafizəsi baxımından önəmlidir. Mühərrikin vibrasiyanın sürət ölçülmələrindən alınmış dairəvi zaman intervalı qrafiki onu deməyə əsas verir ki, baxılan mühərrik çalışan zaman qeyri bərabər maqnit dartısına məruz qalır. Dairəvi zaman intervalı qrafikindən daha çox signal təhrifi; işə düşmə və tam sürətdə çalışma zamanı Mühərrik DE-də (fırlanan son-yükə qoşulan hissə) görünür. Bu müşahidə onu deməyə əsas verir ki, mühərrik fırlanan son yastığında onun gövdəsinə nəzərən mexaniki boşluq və ya yastığın korpus daxili düzgün mərkəzləşdirilməməsi ola bilər. Aparılan mexaniki araşdırmalar bu problemin hər ikisinin mövcudluğunu sonrakı etaplarda təsdiqləmişdir. Məqalədə ilk dəfə olaraq dairəvi zaman intervalı qrafiki vasitəsi ilə qeyri bərabər maqnit dartısının müəyyən olunması göstərilmişdir. Eksperimental metod öz doğruluğunu empirik testlər zamanı sübuta yetirmişdir.

1. *Пириева Н.М., Аббасли Х.Р.* Диагностика асинхронных двигателей: методы и применение. Международный научный журнал «ВЕСТНИК НАУКИ» № 8 (89) Том 2. Август 2025 г. с.434-439.
2. *Stephen J. Chapman.* Electric Machinery Fundamentals. 2005.P. 380-387.
3. Unbalanced Magnetic Pull effects on rotordynamics of a High-Speed Induction Generator Supported by Active Magnetic Bearings – Analysis and experimental Verification Heesoo Kim et al.
4. Visualising anomalies, wrapped timebase plot. Orbit Magazine, April 7, 2014.
5. *Zhang, A.; Bai, Y.; Yang, B.; Li, H.* Analysis of Nonlinear Vibration in Permanent Magnet Synchronous Motors under Unbalanced Magnetic Pull. Appl. Sci. 2018, 8, 113. [CrossRef].
6. *Liangyuan Huang et al.* Coupled Electromagnetic-Dynamic Modelling and Bearing Fault Characteristics of Induction Motors considering Unbalanced Magnetic Pull.
7. *Hawwooi Chuan, Jonathan K.H. Shek.* Calculation of unbalanced magnetic pull in induction machines through the empirical method. IET Electr. Power Appl., 2018, Vol. 12 Iss. 9, pp. 1233-1239.
8. *Dorrell, D., Smith, A.* Calculation and measurement of unbalanced magnetic pull in cage induction motors with eccentric rotors. Part 2: Experimental investigation. IEE Proc.-Electr. Power Appl. 1996, 143, 202–210.
9. *Pennacchi, P., Frosini, L.* Dynamical Behaviour of a Three-phase Generator due to Unbalanced Magnetic Pull. IEE Proc. Electr. Power Appl. 2005, 152, 1389–1400. [Google Scholar] [CrossRef].
10. *Zhu, Z.Q., Ishak, D., Howe, D., Chen, J.* Unbalanced Magnetic Forces in Permanent-Magnet Brushless Machines with Diametrically Asymmetric Phase Windings. IEEE Trans. Ind. Appl. 2007, 43, 1544–1553. [Google Scholar] [CrossRef].
11. *Пириева Н.М.* Асинхронный электродвигатель с эффективной системой охлаждения. Проблем Энергетика №4, Баку, 2020. с 34-40.
12. *Алиева Г.А.* Анализ причин дефектов асинхронных двигателей Международный научный журнал «Вестник науки» № 6 (87) Том 1. июнь 2025 г. стр.1632-1639.
13. *Пириева Н.М., Гусейнов З.Ф.* Характеристики синхронных двигателей. Международный научный журнал «Вестник науки» № 3 (60) Том 4. с.241-246.
14. *Пириева Н.М., Ахмадли А.Н.* Сравнения электрических генераторов применяемые в ветроэлектрических установках. Международный научный журнал «ВЕСТНИК НАУКИ. № 1 (70) Том 3. 2024 с.975-986.
15. *Shikhaliyeva S.Y.* “Two rotor asynchronous electric motor with rotation frequency regulation”, International Journal on "Technical and Physical Problems of Engineering" (IGTPE), N3 2023, pp. 9-16.

16. *Shikhaliyeva S.Y.* “Analysis of thermal processes in a controlled asynchronous motor”, *Reliability: Theory & Applications*. 2025, March 1(82), Vol.20: pp. 957-965.

СПОСОБЫ ПОДКЛЮЧЕНИЯ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕРАВНОГО МАГНИТНОГО МОМЕНТА ПО КРУГОВОМУ ГРАФИКУ ВРЕМЕННЫХ ИНТЕРВАЛОВ

ПИРИЕВА Н.М., АББАСЛИ Х.Р.

Особенностей способов подключения асинхронного двигателя необходим для повышения энергоэффективности двигателя, оптимизации условий его работы, обеспечения надежности и безопасности системы, эффективного управления производственными процессами и повышения качества технического обслуживания. Неравномерная магнитная тяга (НМТ) – сложное электромагнитное явление, существенно влияющее на надежность, энергоэффективность и долговременную устойчивость работы вращающихся электрических машин. Это явление обусловлено, главным образом, несовпадением механического центра ротора с магнитной осью и наблюдается при неравномерном распределении воздушного зазора. В статье представлены наблюдения и анализ НМТ, зафиксированных при испытании на холостом ходу трехфазного асинхронного двигателя большой мощности, установленного в промышленных условиях. В процессе испытаний было выявлено явление тяги с нестандартными показателями вибрации, несимметричным распределением магнитного поля и значениями электрических параметров (тока и напряжения). Результаты исследований показывают, что своевременное выявление и устранение подобных случаев играют важную роль в обеспечении долговечности и безопасной эксплуатации двигателей. В статье также представлены эмпирически ориентированные методические подходы, основанные на вибрационном и электромагнитном анализе для диагностики, мониторинга и снижения КБМД.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, надежность, «плавный» пуск, устройство плавного пуска, инвертор, синхронный, оптимизация, неравномерное магнитное притяжение, эксцентриситет, вибрация.

METHODS OF CONNECTING AN ASYNCHRONOUS MOTOR AND DETERMINING THE UNEQUAL MAGNETIC MOMENT FROM A CIRCULAR GRAPH OF TIME INTERVALS

PIRIYEVA N.M., ABBASLI KH.R.

Analyzing the specific features of asynchronous motor connection methods is necessary to improve motor energy efficiency, optimize operating conditions, ensure system reliability and safety, effectively manage production processes, and improve the quality of maintenance. Uneven magnetic thrust (UMT) is a complex electromagnetic phenomenon that significantly impacts the reliability, energy efficiency, and long-term stability of rotating electric machines. This phenomenon is primarily caused by misalignment of the rotor's mechanical center with the magnetic axis and is observed with uneven air gap distribution. This article presents observations and analysis of UMT recorded during no-load testing of a high-power three-phase asynchronous motor installed in an industrial environment. During testing, a traction phenomenon with abnormal vibration parameters, asymmetrical magnetic field distribution, and electrical parameter values (current and voltage) was detected. The research results demonstrate that the timely detection and elimination of such issues are crucial for ensuring the longevity and safe operation of motors. The article also presents empirically oriented methodological approaches based on vibration and electromagnetic analysis for the diagnosis, monitoring and reduction of CMD.

Keywords: asynchronous motor, reliability, soft start, soft starter, inverter, synchronous motor, optimization, uneven magnetic attraction, eccentricity, vibration.

DOI:10.70784/azip.5.2025363

AZƏRBAYCANDA YAŞIL ENERJİDƏN İSTİFADƏ PERSPEKTİVLƏRİ FÜZULİ RAYONUNUN AQRAR POTENSİALI

SALAMOV O.M., POLADOVA V.N., MUSTAFAYEVA R.M., SALMANOVA F.Ə.,
MAHMUDOVA T.Ə., SƏFƏROVA V.M., VƏLİZADƏ İ.E.

*Azərbaycan Respublikası Elm və Təhsil Nazirliyi
Radiasiya Problemləri İnstitutu
Az 1143, B.Vahabzadə 9
poladova-vusale@bk.ru*

Məqalədə Azərbaycanla yaşıl enerjiden istifadə, biokütlələrdən enerji alınması perspektivləri barədə araşdırmalar aparılır və Füzuli rayonunun aqrar sektorunda mövcud olan bionerji potensialı barədə ətraflı məlumatlar verilir, qiymətləndirilmələr aparılır və müqayisəli təhlillər edilir.

Acar sözlər: Yaşıl enerji, günəş enerjisi, külək enerjisi, biokütlə, biokütlə enerjisi, qaz şəkilli yanacaq, maye şəkilli yanacaq, aqrar potensial.

GİRİŞ

Azərbaycan Respublikası coğrafi mövqeyinə görə çoxlu miqdarda günəş, külək və biokütlə enerjilərinə malikdir. Qarabağ və Şərqi Zəngəzur ərazilərinin işğaldan azad olunması ilə əlaqədar ümumilikdə Azərbaycanda yaşıl enerji potensialından istifadə imkanları artmış oldu. Belə ki, bu ərazilər bərpa olunan enerji mənbələri (BOEM) ilə zəngindir.

Yer səthinə düşən günəş radiasiyasının miqdarına görə Qarabağın cənub düzənlik hissəsində yerləşən Füzuli, Cəbrayıl və Zəngilan rayonları Naxçıvan Muxtar Respublikasının ərazisindən sonra ikinci yerdədir. Burada bir 1 m^2 üfqi səthə il ərzində daxil olan ümumi günəş radiasiyası (ÜGR) 1600-1700 kVt təşkil edir. Bu ərazilərdə proqnozlaşdırılan ümumi günəş enerjisinin 4000 MVt-dan çoxdur.

Yaxın gələcəkdə Qarabağ və Şərqi Zəngəzur ərazilərinə daxil olan Füzuli, Cəbrayıl, Zəngilan, Qubadlı, Ləcın, Suşa, Ağdam və Kəlbəcər rayonlarında ümumilikdə 308 km uzunluğa malik yüksək gərginlikli elektirik xəttinin çəkilməsi və yeni yarımstansiyaların tikilməsi sayəsində 110 kVt-lıq şəbəkənin yaradılacağı nəzərdə tutulub.

Xüsusən qeyd etmək lazımdır ki, işğaldan azad edilmiş ərazilərdə Zəngilan, Cəbrayıl, Qubadlı və Füzulidə günəş enerjisi layihələrini həyata keçirmək üçün əlverişli potensial vardır. Belə ki, bu ərazilərdə günəş enerjisi potensialı 7200 MVt - dan artıq qiymətləndirilir.

İlkin tədqiqatlar zamanı, günəş enerjisi layihələri üçün topoqrafiya, iqlim şəraiti, şəbəkəyə yaxınlıq, enerji istehsalı potensialı, nəqliyyat infrastrukturunu və digər texniki faktorların müqayisəli təhlili aparılmışdır. İlkin müşahidələrə əsasən belə qərara gəlinmişdir ki, bu potensialdan müvafiq olaraq istilik və isti su təminatı üçün istifadə daha böyük əhəmiyyət kəsb edir.

Son zamanlar günəş enerjisindən istifadə ilə yanaşı, ekoloji cəhətdən daha təmiz və tükənməz olan, müxtəlif biokütlə (BK) növlərindən maye və qaz şəkilli süni və sintetik yanacaq növləri, o cümlədən də bioyanacaq almaq məsələsi dünya energetika sisteminin ayrılmaz hissəsinə çevrilib. BK enerjisindən çox qədim zamanlardan istifadə olunur. Müxtəlif BK növlərindən qazlaşdırma yolu ilə $\text{CO} + \text{H}_2 + \text{CH}_4$ tərkibli yanar qaz qarışığı (YQQ) və yaxud da piroliz yolu ilə $\text{CO} + \text{H}_2$ tərkibli sintez qazın alınması üsulları bəllidir. Bununla yanaşı BK-dən metanol (metil spirti) və etanol (etil spirti), həmçinin də dimetil-efir kimi maye şəkilli yanacaq növləri də istehsal edilir [1-4]. BK-nin ən geniş yayılan növləri mənşət, kənd təsərrüfatı və cənaye tullantıları, kagız, ağac kəpəyi və s-dir. Bu qeyd olunanların hamısı bitki mənşəli BK

növlərinə aiddir. Bundan başqa bir-sıra heyvan mənşəli BK növləri də vardır, hansılardan ki, CH_4+CO_2 tərkibli bioqazın alınması mümkündür. Daha sonra bu qaz qarışığından CO_2 qazını ayırmaqla, yüksək keyfiyyətli metan qazının alınır. Belə qurğularda BK kimi daha çox iribuynuzlu və xırdabuynuzlu ev heyvanlarının təzəyi, quş zılı, həmçinin də mal kəsimi zamanı əmələ gələn və adətən tullanaraq ətraf mühitə ciddi zəzər vuran, antisanitar vəziyyət yaradan, qarın, mədə, bağırsağ, yağ, piy, qan kimi maddələrdən istifadə edilir. Dünya əhalisinin yarısı BK-dən istifadə edərək enerji istehsal edir. Buna misal olaraq Braziliyanı göstərmək olar. Hələ keçən əsrin 80-ci illərindən etibarən, ABŞ tərəfindən Braziliyaya neft məhsullarının idxalına qarşı qoyulan embarqo ilə əlaqədar həmin ölkə məcburiyyət qarşısında qalaraq, dünyada ilk dəfə şəkər çuğundurundan etanol istehsal etməyə başladı. Hansı ki, ilk öncə binzinə müəyyən faizlərlə qatqı kimi əlavə edilirdi. Daha sonralar avtomobillərin mühərriklərində müəyyən dəyişikliklər edildi və bu benzindən bir dəfəlik imtina etməyə imkan verdi. Beləliklə də, Braziliyada əvvəlcə avtomobillər, avtobuslar və digər yerüstü nəqliyyat növləri etenolla və metanolla işləməyə başladı, daha sonra isə bu yanacaq növləri qatarlarda, gəmilərdə və xüsusən də təyyarələrdə istifadə olundu. Hazırda Braziliyada elektrik enerjisi təchizatı və evlərin mərkəzləşmiş qaydada isidilməsi üçün lazım gələn istilik enerjisi də, məhz metanol və etanol kimi yanacaq növləri vasitəsilə təmin olunur [5,6]. Ondan başqa, Braziliya hazırda bir-sıra dünya ölkələrinə, o cümlədən də Çin Xalq Respublikası kimi inkişaf etmiş və böyük yanacaq tələbatı olan ölkəyə bioyanacaq ixrac etməklə öz ölkəsinin maddi rifahını xeyli yaxşılaşdırır. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, neft məhsulları, o cümlədən də benzinin müxtəlif növləri ilə müqayisədə metanol və etanol kimi maye şəkilli süni yanacaq növləri ekoloji cəhətdən daha təmiz hesab edilir və onlardan istifadə zamanı ətraf mühitə atılan istilik effekti yaradan qazların miqdarı xeyli dərəcədə azalır. Azərbaycan Elm və Təhsil Nazirliyi Radiasiya Problemləri İnstitutunun “Bərpa olunan enerji növlərinin çevrilməsi” laboratoriyasının əməkdaşları tərəfindən də bu sahədə çoxsaylı tədqiqat işləri aparılmış, müvafiq qurğular yaradılaraq, Bakı şəhərinin klimatik şəraitində sınaqdan keçirilmişlər. Onlardan bir çoxuna keçmiş SSRİ-nun Müəlliflik Şəhadətnamələri [7,8], Həmçinin də Azərbaycan Respublikasının patentləri [9-12] alınmışdır. Aparılan nəzəri və praktiki işlərin nəticələri bir-sıra yerli [13-15] və xarici [16-21] elmi jurnallarda nəşr olunmuşdur.

Biokütlədən yanar qazların, maye şəkilli yanacaq növlərinin alınmasının iqtisadi cəhətdən səmərəliliyi aşağıdakı həlledici faktorlardan aslıdır.

1. Meşə və kənd təsərrüfatı qalıqlarının region üçün resurslarının miqdar və onlardan istifadə imkanları;

2. Həmin regionun iqlim şəraiti, emal zavoduna yaxın olması.

3. Xammalın (BK) daşınma xərclərinin nəzərə alınması.

Nəzərə almaq lazımdır ki, bitki qalıqlarının nəql edilməsi prosesi çətin olmaqla BK yığımına çox böyük təsir göstərir.

Yuxarıdakıları nəzərə alaraq, daha əvvəllər tərəfimizdən Azərbaycanın işğaldan azad olunmuş Zəngilan, Ağdam, Cəbrayıl və Laşın rayonlarında kənd təsərrüfatı sahəsindəki inkişaf tendensiyaları və həmin rayonlarda mövcud olan BK ehtiyatları barədə tədqiqatlar aparmışığı və alınan nəticələr elmi jurnallarda dərc olunub [22-25],

Hazırkı məqalədə isə Füzuli rayonunun BK ehtiyatları üzrə müəyyən illərdə mövcud olmuş potensialı barədə təhlillər və qiymətləndirilmələr aparılır.

1. İşğaldan azad olunmuş Füzuli rayonunun aqrar potensialı

İşğaldan azad edilmiş rayonların arasında əhalinin sayına görə Füzuli Ağdamdan sonra ikinci ən böyük rayondur. Ölkə ərazisinin 1,6 faizini əhatə edən və sahəsi 1386 km² olan rayonun relyefi əsasən düzənliklərdən və qismən dağlıq ərazilərdən ibarətdir. Füzuli rayonu Qarabağ dağ silsiləsinin cənub-şərq ətəklərindən Araz çayına qədər maili düzənlikləri və müəyyən çökəklikləri əhatə edir. Ərazi baxımından Yuxarı Qarabağ iqtisadi rayonunun tərkibinə daxildir. İşğaldan öncə Füzuli rayonunda 89 min insan yaşayırdı. Rayon ərazisinin 85 min hektara yaxın hissəsi kənd təsərrüfatına yararlı torpaqlardan ibarətdir. Bu səbəbdən də, rayon əhalisi əsasən kənd yerlərində məskunlaşmışdı və əsas məşğuliyyəti kənd təsərrüfatı idi.

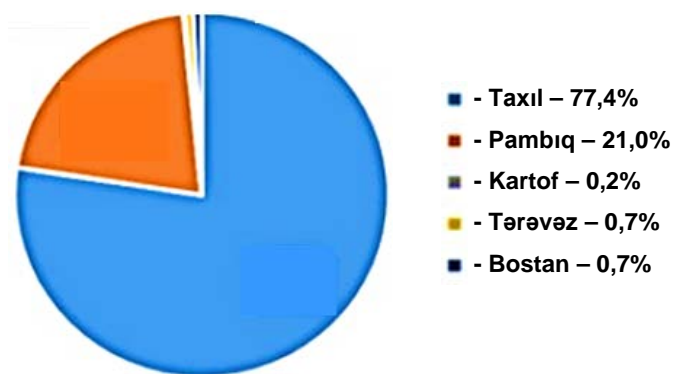
Füzuli rayonunun iqlimi şimal hissədə yayı quraq keçən mülayim-isti yarımsəhra və quru-çöl, qərb hissədə yayı quraq keçən mülayim-isti olması ilə səciyyələnir. Rayonun mövcud torpaq örtüyündə əsasən boz və çəmən-boz, şabalıdı və açıq-şabalıdı, dağ-şabalıdı, dağ boz-qəhvəyi torpaq tipləri daha geniş yayılıb. Yuxarı Qarabağ iqtisadi rayonunda ən çox suvarılan torpaqlar Ağdamdan sonra Füzuli rayonundadır. Rayonun əkin sahələri əsasən Araz, Köndələnçay, Şapartı, Quruçay və Qozluçay çayları vasitəsilə suvarılır. Lakin, işğaldan azad edildikdən sonra, Füzuli rayonunun əkin dövriyyəsinə cəlb edilən azad ərazilərin suvarılması üçün yeni potensial da yaradılıb. Belə ki, Suqovuşan, Xudafərin və Sərsəng su anbarlarının Füzulinin əkin torpaqlarının suvarılması üçün istifadə edilməsinin rayonun kənd təsərrüfatının inkişafına çox yüksək töhfə verəcəyi gözlənilir.

Füzuli rayonunda geniş öyrüş-otlaq və biçənək sahələri (25.5 min ha) var və əhalinin maldarlıq sahəsində olan təsərrüfatçılıq ənənələri qorunub saxlanılıb. Qeyd edək ki, burada mövcud olan öyrüş-otlaq və biçənək sahələri respublikanın müvafiq sahələrinin ~ 1,1 %-ni təşkil edir. Ərazisində hakim olan iqlimin və bol sulu çaylarının verdiyi imkanlara görə rayon sakinləri həm bir illik, həm də çoxillik məhsul növlərini (meyvə, tərəvəz) rahat becərə bilirdilər. Keçmiş SSRİ dövründə Füzuli rayonunda əkinçiliyin əsas sahələrini taxılçılıq, pambıqçılıq, şəkər çuğunduru, üzümçülük və tərəvəzçilik təşkil edirdi. Rayon ərazisində taxıl zəmiləri, pambıq tarlaları, üzümlüklər, meyvə bağları geniş sahələri əhatə edirdi. Heyvandarlıq sahəsində isə baramaçılıq xüsusilə fərqlənirdi.

2. Bitkiçilik sahəsi üzrə aqrar potensialın qiymətləndirilməsi

Füzuli rayonunda 1980-ci ilin əkin sahələrinin strukturuna nəzər saldıqda taxıl sahələrinin (77.4%) və pambıq sahələrinin (21,0%) daha geniş sahələri əhatə etdiyi müşahidə olunur. Bu bitkilərlə yanaşı, 1980-ci ildə Füzuli rayonunda çoxillik əkmələr üzrə 18.2 min hektar sahədə üzümlüklərin mövcud olması və bu üzümlüklərin ölkədəki payının 6.9 faizlik bir hissəsini təşkil etməsi üzümçülüğün bu rayonda prioritet sahə olduğunu göstərməkdədir. Üzümçülükə yanaşı, 1980-ci illərdə 79 hektar sahədə meyvə və giləmeyvə sahələrinin mövcudluğu Füzuli rayonunun çoxillik bitkiçilik təcrübəsinə də malik olduğunu göstərmişdir. Aşağıdakı diaqramda əks olunan strukturdan bölgənin hansı bitkiçilik məhsullarının istehsalı ilə ixtisaslaşdığı, kənd təsərrüfatının tarixi ənənəsinin hansı sahələrdə təmərküzləşdiyini bəlli olur.

Ümumilikdə, Füzuli rayonunda 1980-ci ildə mövcud olan taxıl sahələri ölkədəki müvafiq əkin sahəsinin 2.4 faizini, eləcə də rayonda mövcud olan pambıq sahələri isə ölkədəki sahənin 1,3 faizi təşkil etmişdi.



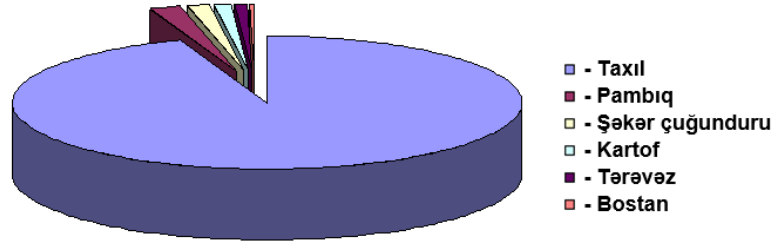
Qrafik 1. 1980-ci il üzrə Füzuli rayonunda bitkiçilik məhsullarının əkin strukturu, %

Mənbə: Dövlət Statistika Komitəsi

Füzulinin işğala məruz qalmamış hissəsində 2019-cu ilin əkin sahələrinin strukturuna nəzər saldıqda taxıl sahələri 94.4% və pambıq sahələri isə 2.0% azalmış olsa da, əslində daha geniş sahələri əhatə etdiyi görünür. Bununla belə, kartof, tərəvəz və bostan bitkilərinin cəmi xüsusi çəkisi 2.2 faiz təşkil edib. Bu bitkilərdən başqa, həmin illərdə Füzulidə 554 hektar

ərazini əhatə edən şəkər çuğunduru sahələri də rayonun ümumi əkin strukturunda 1.4 faizlik paya malik olub. Füzulinin işğala məruz qalmamış hissəsində üzümlük sahələri 161 hektara qədər azalıb və işğaldan əvvəlki ümumi sahələrlə müqayisədə, demək olar ki, qalmayıb. Lakin, meyvə və giləmeyvəliklərin sahəsi 678.5 hektar olub. İllər keçdikcə əkin strukturunda pambıq sahələrinin çoxillik əkmələr və digər birillik bitkilərlə əvəzləndiyi müşahidə edilir.

2019-cu ildə isə rayonda mövcud olan taxıl sahələri ölkədəki müvafiq əkin sahəsinin 4.1%-ni, pambıq sahələri isə 0.9%-ni təşkil edib.



Qrafik 2. 2019-cu il üzrə Füzulinin işğala məruz qalmamış hissəsində bitkiçilik məhsullarının əkin strukturunu, %
Mənbə: Dövlət Statistika Komitəsi

1. Taxıl istehsalı potensialı. Əldə edilən rəsmi statistik məlumatlara əsasən, 1980-ci ildə 11.8 min hektar sahədə taxıl əkilmiş və biçilmiş taxıl sahələrindən 14.5 min ton məhsul əldə edilmişdir, 1985-ci ildə müvafiq olaraq sahə 10.4 min hektar və ondan biçilmiş taxıl 24.6 min ton olmuşdur. 1988-ci ildə isə 13.2 min hektar taxıl sahəsindən 31.9 min ton taxıl biçilmişdir. Göründüyü kimi, işğaldan əvvəlki dövr ərzində (1980-1988) taxıl istehsalında 2.2 dəfəyə qədər artım müşahidə olunmuşdur. Taxıl üzrə orta məhsuldarlıq 20.5 sent/ha təşkil etmişdir, maksimum məhsuldarlıq isə 24.2 sent/ha olmuşdur ki, bu da həmin illərdə ölkə üzrə məhsuldarlıq göstəricilərinə yaxın olduğunu göstərir. Lakin taxılın əvvəlki məhsuldarlıq göstəricisi 2019-cu illə müqayisədə 30 faiz az olub. Bu da son illər Füzulinin işğala məruz qalmayan ərazilərində taxıl əkinlərinə tətbiq edilən intensiv və innovativ inkişaf nəticəsində olmuşdur. Odur ki, əgər 1980-1988-ci illər ərzində Füzuli rayonunda taxıl istehsalı ölkə üzrə istehsalın 2.3 faizini təşkil edirdisə, 2019-cu ildə işğala məruz qalmayan ərazisindəki müvafiq istehsalın xüsusi çəkisi 3.3 faizə çatmış və 118.1 min ton təşkil etmişdir. 2019-cu ildə ərzilərdə məhsuldarlığın ölkə səviyyəsində olması, taxıl istehsalında Füzuli rayonunun potensial imkanlara malik olduğunu göstərir. Müstəqillik əldə edildikdən sonra aqrar sahədə aparılmış əsaslı islahatlar və innovativ texnologiyaların tətbiqi nəticəsində ölkədə məhsuldarlığın artması ilə yanaşı, Füzuli rayonunun işğaldan azad edilmiş ərazilərində yeni aqrar islahatların aparılması və innovativ texnologiyaların tətbiqi ilə ümidverici nəticələr əldə etmək olar. Tədqiqatlar onu deməyə əsas verir ki, proqnoz inkişaf dövrü hesab edilən 2025-ci ilə qədər Füzuli rayonunda taxıl istehsalının 130.4 min tona, yəni ölkə üzrə ümumi taxıl istehsalının 3.1 %-nə çamaq ehtimalı vardır.

2. Pambıq istehsalı potensialı. Rəsmi statistik məlumatları təhlil edərkən belə bəlli olur ki, pambıqçılıq sahəsi taxılçılıqdan sonra tarixən, rayon əhalisi tərəfindən istehsalına ən çox üstünlük verilən kənd təsərrüfatı sahəsi olmuşdur. Bu Qrafik 1 və Qrafik 2-dən də aşkar görünür. 1980-ci ildə 3200 hektar sahədən 12993 ton, 1988-ci ildə isə 600 hektar sahədən 1512 ton məhsul istehsal edilib. Aparılmış təhlillərdən göründüyü kimi, işğaldan əvvəlki dövr ərzində (1980-1988) pambıqçılıq sahəsində ölkə üzrə məhsuldarlığın maksimal həddi 35.4 sent/ha olduğu halda Füzuli rayonunda bu göstərici 40.6 sent/ha təşkil etmişdir ki, bu da 12,8% artım deməkdir. 1980-1988-ci illər ərzində Füzuli rayonunda pambıq istehsalı ölkə üzrə istehsalın təxminən 1.5 faizini təşkil etmişdir. Həmin illər ərzində məhsuldarlığın ölkə səviyyəsindən 14.7 faiz çox olması pambıq istehsalında Füzuli rayonunun daha artıq məhsul istehsal etmə imkanlarının mövcud olduğunu göstərir. Qeyd etmək lazımdır ki, 2019-cu ildə Füzulinin işğala məruz qalmamış kəndlərində 800 hektar sahədə 20.4 sent/ha məhsuldarlıqla

1.6 min ton pambıq becərilmişdir. Aparılan araşdırmalar nəticəsində 2025-ci ilə qədər Füzuli rayonunda pambığın intensiv üsullarla əkilib-becərilməsi hesabına 41.0 sent/ha məhsuldarlıqla istehsalın 5.5 min tona çatdırılması proqnozlaşdırılır ki, bu da ölkədə pambıq istehsalının təxminən 1.4 faizinin məhz Füzuli rayonu hesabına formalaşacağı deməkdir. Onu da qeyd etmək lazımdır ki, pambıq qozaları və çubuqları YQQ və sintez qaz almaq üçün ən yaxşı BK növü hesab edilir.

3. Tərəvəz istehsalı potensialı. Füzuli rayonunda kənd təsərrüfatı istehsalı üçün potensial olan digər bitkiçilik sahəsi tərəvəzçilikdir. Tarixi keçmişə nəzər saldıqda, 1980-ci ildə 109 hektar sahədən 237 ton tərəvəz istehsal edilmişdir, ümumiyyətlə 1980-1988-ci illər ərzində bu sahələrdə istehsal olunan məhsulun maksimal həddi 713 ton olmuşdur. Cari dövr üçün Füzuli rayonu üzrə mövcud statistik məlumatlarına nəzər saldıqda isə 2019-cu ildə 453 hektar sahədən 4.0 min ton tərəvəzin əldə edildiyi bəlli olur. Təhlildən görüldüyü kimi, Füzuli rayonunda tərəvəzçilik üzrə məhsuldarlıq 84.8 sent/ha həddini keçməmişdir, lakin 2019-cu ildə bu məhsuldarlıq 88.0 sent/ha təşkil edir. 1980-1988-ci illər ərzində Füzuli rayonunda tərəvəz istehsalı ölkə üzrə istehsalın 0.08 %-ni təşkil etdiyi halda, 2019-cu ildə bu göstərici 0.23%-ə çatmışdır. Son illər ərzində Füzulinin işğala məruz qalmamış hissəsində tərəvəz əkinlərinə, xüsusilə də soğan və sarımsaq istehsalına olan marağın artması iqtisadi göstəricilərə müsbət təsir etdiyindən, bu trendin digər azad edilmiş sahələrə də şamil ediləcəyini demək olar. İnnovativ tədbirlər nəticəsində rayonda digər bitki növləri ilə yanaşı, tərəvəz bitkilərinin əkin sahəsinin genişləndirilməsi və yüksək məhsuldarlığın əldə edilməsi hesabına istehsalın həcmnin artımı ilə 2025-ci ildə 5.4 min tona yaxın tərəvəz, 3.0 min tona yaxın kartof və 5.9 min tona yaxın bostan məhsullarının istehsalı proqnozlaşdırılır.

4. Üzüm istehsalı potensialı. Üzüm bitkisi Qarabağın digər rayonlarında olduğu kimi, Füzuli rayonunda da təsərrüfatçılıq ənənəsinin mövcud olduğu bitkiçilik sahələrindən biri hesab edilir. Tədqiqatlar onu göstərir ki, 1980-ci ildə 18.2 min hektar sahədən 76.7 min ton üzüm istehsal edilib, lakin sonrakı illər ərzində üzüm sahələri azaldılaraq 1988-ci ildə 14.1 min hektar olmuşdur. 1988-ci ildə bu isə üzümlüklərdən 100.8 min ton məhsul əldə edilmişdir. 2019-cu ildə isə Füzulinin üzüm istehsalı cəmi 960 ton olmuşdur ki, bu da üzümlük sahələrinin qalmadığını, böyük sahələrin işğal altında qalmış olduğu, digər ərazidəki üzümlüklərin isə tərəvəz və s. digər sahələrlə əvəzləndiyini göstərir. Görüldüyü kimi, keçmiş illər ərzində Füzuli rayonunda üzümçülük sahəsinin ən məhsuldar dövrü elə 1985-ci ilə təsadüf edir. Təhlildən aydın olur kimi, işğaldan öncəki dövr ərzində (1980-1988) üzüm bağlarının məhsuldarlığında ölkə üzrə maksimum məhsuldarlıq 95.3 sent/ha olduğu halda, Füzuli rayonunda bu bitkinin məhsuldarlığı 71.2 sent/ha olmuşdur. 1980-1988-ci illər ərzində Füzuli rayonunda üzüm istehsalı ölkə üzrə istehsalın təqribən 7.0 %-ni təşkil etmişdir. Həmin illər ərzində məhsuldarlığın ölkə səviyyəsinin 91.9 %-ni təşkil etməsi üzüm istehsalı sahəsində Füzuli rayonunun təsərrüfatçılıq ənənələrinin həmin dövrlərdə mövcud olduğunu göstərir. Yeni texnika və texnologiyaların tətbiqi, həmçinin işğaldan azad edilmiş torpaqlar üçün qəbul edilmiş yeni tədbirlər planı çərçivəsində digər bitki növləri ilə yanaşı, üzümçülük sahələrinin artımı və daha yüksək məhsuldarlığın səviyyəsi hesabına ölkənin üzümə olan tələbatın tam təmin edilməsi gözlənilir. Üzümçülük sahəsinin, o cümlədən texniki üzüm sortlarının yetişdirilməsi bu rayonda şərabçılıq sektorunun canlanmasının bilavasitə əsas amili olacaq. Belə ki, ölkədəki üzüm istehsalında yüksək məhsuldarlıq tempi bərpa olunduğu təqdirdə 2025-ci ildə Füzuli rayonunun üzümçülük sahəsindəki payının 5.1 % təşkil edərək 10.5 min ton civarında olması proqnozlaşdırılır. Qeyd etmək lazımdır ki, üzüm çubuqları da YQQ və sintez qaz hasilatı üçün n yaxşı BK növlərindən hesab edilir.

5. Digər növ bitkilərin istehsalı potensialı. Füzuli rayonunda torpaq, iqlim, su resursları, eləcə də tarixən mövcud olan bitkiçilik ənənəsinin mövcudluğu bu regionda meyvə və tərəvəz istehsalının da istehsal potensialı vəd etdiyini söyləmək mümkündür. Qeyd etmək lazımdır ki, potensial nəzərə alınaraq, pilot layihə olaraq, bu zonada nar və xurma bağlarının salınması da plan çərçivəsində həyata keçiriləcək. Belə ki, regionlarda aqrar inkişaf perspektivləri nəzərə alınmaqla və ölkədə tətbiq edilən aqrar innovasiyalardan istifadə

edilməklə yeni meyvə-giləmeyvə bağlarının salınması və bostan bitkilərinin yetişdirilməsi bu məhsullar üzrə ərzaq təhlükəsizliyinin təminatı və ixracatının artımına böyük töhfə olacaqdır. Yuxarıda qeyd olunan bitki növləri ilə yanaşı, son illər Füzulidə sənaye əhəmiyyətli məhsul olan və bioetenol alınması üçün ən münasib bitki mənşəli BK növü olan şəkər çuğundurunun da əkininə başlanıb ki, bu da işğaldan azad edilmiş rayon ərazisi üçün geniş nümunə ola bilər. Bu, həm də ölkə əhalisinin şəkərə və şəkər tozuna olan ehtiyacının bir hissəsinin ödənməsi baxımından da müstəsna əhəmiyyət kəsb edir. Heyvandarlıq sahəsinin yemə olan tələbatı nəzərə alınarsa, bu rayonda yemlik otların da yetişdirilməsi üçün sahələrin salınması tədbirlər planı çərçivəsində nəzərə alınacaqdır.

Ümumilikdə, 1980-1988-ci illərin təcrübəsi, ölkədə son illər ərzində aqrar innovativ inkişaf trendləri və statistik göstəricilərin təhlili onu göstərir ki, 2025-ci ilə qədər Füzuli rayonunda 47.4 min hektarlıq əkin və bağ sahələrindən 208.2 min ton bitkiçilik məhsulu istehsalı imkanları var. Bu da ümumilikdə ölkədə müvafiq məhsullar üzrə proqnoz istehsal göstəricilərinin 2.1%-ni əhatə edir. Bitkiçilik məhsulları istehsalı nəticəsində Füzuli rayonunun yaratdığı əlavə məhsulun dəyərinin 119.8 milyon manat, ölkə üzrə proqnoz göstəricilərindəki payının isə 2.8% olması gözlənilir.

Füzuli rayonunda 2025-ci il üçün bitkiçilik məhsullarının istehsalı və ölkə miqyasında istehsal göstəricilərinə töhfəsi barədə proqnoz göstəricilər aşağıdakı cədvəldə daha aydın təsvir edilib:

2025-ci ildə Füzuli rayonu üzrə bitkiçilik məhsulları istehsalının proqnozu (Mənbə: Dövlət Statistika Komitəsi)

Cədvəl 1

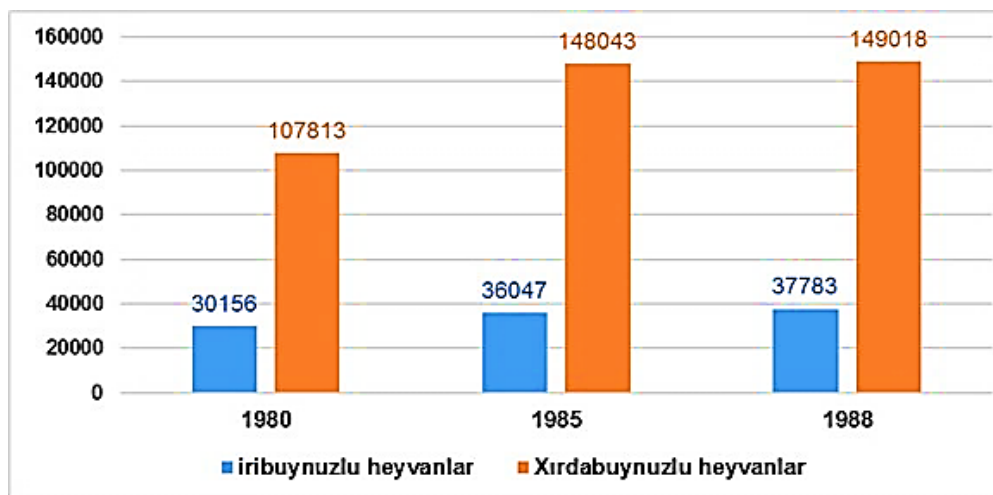
Bitkiçilik məhsulları	Rayon üzrə əkin sahəsi proqnozu, ha	Rayon üzrə məhsuldarlıq proqnozu, sent/ha	Rayon üzrə istehsal proqnozu, ton	Rayon üzrə proqnoz istehsalın ölkə istehsalına natural ifadədə gözlənilən faydası, %
Taxıl	40752	32,0	130406	3,1
Pambıq	1341	41,0	5496	1,4
Şəkər çuğunduru	822	360,2	29595	7,8
Kartof	200	140,0	2800	0,2
Tərəvəz	500	107,5	5375	0,3
Bostan bitkiləri	475	124,0	5888	1,0
Meyvə və giləmeyvə	2000	90,8	18160	1,4
Üzüm	1337	78,3	10469	5,1
Cəmi	47426	+	208190	2,1

Sadalanın əmək, torpaq, iqlim və su resursları ilə hazırkı vaxtda əvvəlkindən dəfələrlə çox məhsul istehsal etmək mümkündür. Nəzərə almaq lazımdır ki, müasir dövrdə kənd təsərrüfatının bütün sahələrində tətbiq edilən müasir yanaşma ilə ciddi inkişaf əldə olunub. İstər heyvandarlıqda yeni növ cinslər, bitkiçilikdə isə daha məhsuldar toxumların tətbiqi ilə işğaldan əvvəl olan istehsal həcmində ciddi artım əldə etmək mümkündür.

Heyvandarlıq sahəsi üzrə aqrar potensialın qiymətləndirilməsi

Rəsmi statistik məlumatlara əsasən, Füzuli rayonu üzrə 1980-ci ildə 30156 olan iribuynuzlu mal-qaranın sayı xeyli artaraq 1985-ci ildə 36047 başa, 1988-ci ildə isə 37783 başa çatmışdır. Xırdabuynuzlu mal-qaranın sayında isə artım daha yüksək tempə baş vermişdir. Belə ki, 1980-ci ildə sayı 107813 baş təşkil edib, 1985-ci ildə 148043, 1988-ci ildə isə 149018 başa çatıb. Sonrakı dövrlərdə, işgalla əlaqədar olaraq Füzuli rayonunda həm iri, həm də xırdabuynuzlu mal-qaranın sayında xeyli azalmalar baş vermiş və 2019-cu ildə cəmi 36956 baş iribuynuzlu və 138912 baş xırdabuynuzlu mal-qara olmuşdur. Bütün təsərrüfat kateqoriyaları üzrə diri çəkiddə ət istehsalı qeyd edilən illərdə, müvafiq olaraq 2031, 2624 və 2806 ton təşkil edib. Rayon üzrə bütün təsərrüfatların cəmi süd istehsalı müvafiq olaraq 12.3

min ton, 16.1 min ton və 20.0 min ton, yumurta istehsalı isə qeyd edilən 3 ilə uyğun olaraq 8.7 milyon, 11.2 milyon və 11.8 milyon ədəd olmuşdur. 2019-cu ildə isə rayonda müvafiq olaraq 1615 ton kəsilmiş ət, 28.1 min ton süd, 15.2 milyon ədəd yumurta və 250 ton yun istehsal edilmişdir. Statistik məlumatlara əsasən deyə bilərik ki, SSRİ dövrü ərzində Füzuli rayonunda heyvandarlığın bütün sahələri üzrə məhsul istehsalı artan dinamika ilə inkişaf etmişdir. Bu isə, həmin dövrlərdə SSRİ-yə daxil olan bütün müttəfiq respublikalarda mərkəzdən idarə olunan bir illik və çoxillik planların vaxtında yerinə yetirilməsi üçün kənd təsərrüfatı işçiləri qarşısında qorulan çox ciddi tələblərlə bağlı idi. Yəni çox böyük zəhmət bahasına başa gəlirdi.



Qrafik 3. İşğaldan öncə Füzuli rayonunda iri və xırdabuynuzlu heyvanların sayı, baş: (Mənbə: Dövlət Statistika Komitəsi)

Füzuli rayonunda 2025-ci il üçün heyvandarlıq məhsullarının istehsalı və ölkə miqyasında istehsal göstəricilərinə töhfəsi (faizlə) barədə proqnoz göstəricilər aşağıda daha aydın təsvir edilib:

2025-ci ildə Füzuli rayonu üzrə heyvandarlıq məhsulları istehsalının proqnozu (Mənbə: Dövlət Statistika Komitəsi)

Cədvəl 2

Heyvandarlıq sahəsi	Ölkə üzrə istehsal proqnozu	Rayon üzrə istehsal proqnozu	Raon üzrə proqnoz istehsalın ölkə istehsalına natural ifadədə gözlənilən faydası, %
Ət (diri)	668224	4170	0,6
Süd	2431880	29788	1,2
Yumurta, min	2104081	2012	1,6
Yun	19975	470	2,4
Barama, ton	1679	200	11,9
Cəmi:	3246324	36640	1,1

Cədvəl 2-dən görüldüyü kimi, 2025-ci ilə qədər Füzuli rayonunda iribuynuzlu mal-qaranın (inək və camış) sayının 56.3 min baş, xırdabuynuzlu mal-qaranın (qoyun və keçi) sayının isə 260.4 min baş olması proqnozlaşdırılır ki, bu da heyvandarlığın bərpa edilməsi ilə ölkədə heyvandarlığın inkişafına və sürü dövriyyəsinin təqribən 2.4% artımına səbəb olacaq. Bununla yanaşı, ev quşlarının sayının 470.9 min başa qədər, arı ailələrinin sayının isə 4 min olması gözlənilir. Bu sahələrdə ölkə istehsalındakı payının müvafiq olaraq ət istehsalında 0.6% və yun istehsalında isə təqribən 2.4% olacaq. Süd və yumurta istehsalında isə müvafiq olaraq

1.2% və 1.6% olması proqnozlaşdırılır. Burada barama istehsalının keçmişdən qalan ənənəsi onu göstərir ki, təxminən 200 ton barama istehsalı potensialı da nəzərə alınmalıdır. Araşdırma və tədqiqat nəticəsində proqnoz dövrə qədər heyvandarlıq sahəsinin inkişafında Füzulinin payı 36.6 min tona yaxın və yaxud 1.1 faiz olacağı ehtimal edilir. Rayon üzrə 28.1 milyon manatlıq heyvandarlıq məhsulu istehsalı gözlənilir ki, bu da ölkə üzrə müvafiq istehsal miqyasında 0.6 faiz əlavə dəyər yaradacağı potensialından xəbər verir.

Aqrar istehsal potensialı ilə yanaşı, Füzuli rayonunda taxılın emalı, südün emalı, göndərinin emalı, barama və ipək emalı müəssisələrinin qurulması üçün böyük potensial da nəzərə alınmalıdır.

Beləliklə region üçün trend hesab edilən tərəvəzçilik sektoru üzrə emal müəssisələri, arıçılıq məhsullarının istehsalı imkanları da nəzərə alınarsa, burada aqro-sənayenin təmərküzləşmiş və klasterial inkişafından iqtisadiyyata töhfəsinin sovet dövründəki potensialdan daha artıq olduğu müşahidə edilir.

Ümumilikdə, Füzuli rayonunda kənd təsərrüfatı infrastrukturun bərpası, yeni əkin sahələri və bağların salınması, otlaq sahələrinin, eləcə də heyvandarlıq sahəsinin inkişafı üçün zəruri infrastrukturun bərpası nəticəsində məhsuldar dövrün başlanğıcı hesab olunan 2025-ci ildə ölkədəki kənd təsərrüfatı istehsalına birbaşa əlavə töhfəsinin 147.8 milyon manat, başqa sözlə 1.6 faiz olacağı proqnozlaşdırılır. Təbii ki, bu proqnozlar sadəcə aqrar potensialı əhatə edir. Sonrakı dövrdə emal və dəyər zənciri üzrə aqro-sənaye potensialı da hesablanarsa, dolayı olaraq daha böyük miqyasda ümumi daxili məhsulda və yeni iş yerlərinin yaradılması baxımından həndəsi silsilə ilə müsbət effekti hiss olunacaq.

-
1. *Mustafayeva R.M., Salmanova F.Ə., Mahmudova T.Ə., Poladova V.N., Vəlizadə İ.E., Yusupov İ.M.* Azərbaycanca yaşıl enerjiyə keçid üçün rayonunun aqrar potensialı. Energetikanın problemləri . № 2, 2024.
 2. https://azertag.az/xeber/Isgaldan_azad_olunmus_Cebrayilin_aqrar_potensial_i_AHLIL-1641437.
 3. *Poladova V.N., Səfərova V.M.* Ağdam rayonunun biokütlə resursları. Energetikanın problemləri № 1, 2024.
 4. *Salamov O.M.* Müxtəlif biokütlə növlərindən və tullantılardan alternativ yanacaq alınmasının perspektivləri. “Energetikanın problemləri”, 2018, №2, s. 41-50.
 5. Производство биоэтанола в Бразилии. Elektron mənbə: <https://ru.wikipedia.org/wiki/> (sonuncu dəfə 05.08.2025-ci il tarixdə baxılıb).
 6. Сахарно-энергетическая промышленность Бразилии. Elektron mənbə: <https://brasil.ru/articles/sugar> (sonuncu dəfə 05.08.2025-ci il tarixdə baxılıb).
 7. *Саламов О.М., Бакиров М.Я., Рзаев П.Ф.* и др. Устройство для газификации твердого топлива. А.с. СССР, № 1241708, 1986.
 8. *Рзаев П.Ф., Саламов О.М.*, и др. Гелиореактор. А.с. СССР, № 1563332, 1988.
 9. *Саламов О.М., Султанова К.Д.* Биокütlələrin və üzvi tullantıların qazlaşdırılması üçün günəş qurğusu. AR-nın Patenti İ 2012 0093.
 10. *Саламов О.М., Мəmmədova Л.Н., Salmanova F.Ə.* və s. Биокütlələrin və üzvi tullantıların qazlaşdırılması üçün helioqaz generatoru. AR-nın patenti, № İ 2022 0012.
 11. *Саламов О.М., Мəmmədova Л.Н.* və s. Биокütlə və üzvi tullantıların qıçqırdılması üçün bioqaz qurğusu. AR-nın Patenti, № İ 2022 0072.
 12. *Саламов О.М., Əzizova Л.Ə. Əliyev F.F., Salmanova F.Ə.* və b. Биокütlələrin və üzvi tullantıların qazlaşdırılması üçün günəş qurğusu. AR-nın Patenti, № İ 2024 0082.
 13. *Саламов О.М., Qəribov A.A., Султанова К.Д.* Günəş enerjisinin termokimyəvi üsulla yanar qaz qarışığının kimyəvi enerjisində çevrilməsi. Energetikanın problemləri, 2007, № 3, s.s. 75-83.
 14. *Саламов О.М., Yusupov İ.M.* Биокütlələrin və yanar bərk tullantıların utilizasiya yollarının müqayisəli analizi. Journal of Radiation Researches, vol.5, №2, 2018, Baku, s.186-192.
 15. *Саламов О.М., Atamoğlanova Q.M.* Ənənəvi və qeyri ənənəvi yanacaq növlərindən istifadənin perspektivləri və müqayisəli analizi. AzTU, “Elmi əsərlər” - 2018, №4- s. 100-108.

16. *Salamov O.M., Garibov A.A. and Sultanova K.D.* Improvoment of Efficiency of the Solar-Assisted Production of a Combustible Gas Mixture from Biomass. *Applied Solar Energy*, 2015, Vol.51, No.4, p.p. 322-327.
17. *Rzaev P.F., Salamov O.M., Mustafayeva R.M.* and oth. Obtaining hydrogen from biomass as a method for accumulating solar energy. *Architecture Technical Science Phisics and Mathematics*. No 2 (26), 2019, s. 43-45.
18. *Salamov O.M., Mamedova L.G., Aliyev F.F., Salmanova F.A., Yusupov I.M.* Comparative analysis of different types of biomass plants. *The scientific heritage* No 48, P.3, Budapest, Hungary 2020, s. 61-69.
19. *Salamov O.M., Aliyev F.F., Efendiyeva N.G.* Calculation of the temperature field in the longitudinal direction of the thermochemical reactor of a high-temperature solar plant for gasification of biomass and solid waste. *The scientific heritage* No 49, P.1, Budapest, Hungary 2020, s. 46-55.
20. *Salamov O.M., Efendiyeva N.G.* Calculation of kinetic characteristics of heliogasification of various types of biomass and waste. *The scientific heritage* No 50, P.1, Budapest, Hungary 2020, s. 45-53.
21. *Salamov O.M., Mamedova L.G., Efendieva N.G., Salmanova F.A., Mustafayeva R.M., Mahmudova T.A.* Prospects for obtaining a combustible mixture of gases from vegetable agricultural waste using solar energy. NY, «United States, American Scientific Journal» № 50, 2021.
22. *Poladova V.N., Velizade I.E.* “Assesment of green energy potential of Zangilan district”.
23. *Саламов О.М., Алиев Ф.Ф.* Перспективы получения альтернативного топлива из различных видов биомассы и отходов в Азербайджане. «Альтернативная энергетика и экология», № 01-03 (285-287) 2019, с. 25-41.
24. Биомасса как источник энергии, Под редакцией С.Соуфера, О.Заборски М: Мир, 1985, с.375.
25. *Ефремов А.А., Оффан К.Б., Киселев В.П.* Исследование состав жидких и газообразных продуктов пиролиза скорлупы кедровых орехов. *Химия растительного сырья*. 2002, №3, с.43-47.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕЛЕННОЙ ЭНЕРГИИ В АЗЕРБАЙДЖАНЕ АГРАРНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ФИЗУЛИНСКОГО РАЙОНА

**САЛАМОВ О.М., ПОЛАДОВА В.Н., МУСТАФАЕВА Р.М.,
САЛМАНОВА Ф.А., МАХМУДОВА Т.А., САФЕРОВА В.М., ВЕЛИЗАДЕ И.Э.**

В статье рассматриваются перспективы использования зелёной энергии и получения энергии из биомассы в Азербайджане, а также представлена подробная информация о биоэнергетическом потенциале, существующем в сельскохозяйственном секторе Физулинского района, даны оценки и сравнительный анализ.

Ключевые слова: зелёная энергия, солнечная энергия, ветровая энергия, биомасса, энергия биомассы, газообразное топливо, жидкое топливо, сельскохозяйственный потенциал.

PROSPECTS FOR THE USE OF GREEN ENERGY IN AZERBAIJAN. AGRARIAN POTENTIAL OF THE FUZULI REGION

**SALAMOV O.M., POLADOVA V.N., MUSTAFAYEVA R.M.,
SALMANOVA F.A., MAHMUDOVA.T.A., SAFEROVA V.M. VELIZADE I.E.**

The article studies the prospects of using green energy and obtaining energy from biomass in Azerbaijan, and provides detailed information on the bioenergy potential existing in the agricultural sector of Fuzuli region, makes assessments and makes comparative analyses.

Key words: Green energy, solar energy, wind energy, biomass, biomass energy, gaseous fuel, liquid fuel, agricultural potential.

DOI:10.70784/azip.5.2025372

TİPİK KOMPÜTER ŞƏBƏKƏ TOPOLOGİYALARININ TƏHLİLİ**BABAZADƏ Ş.C., QOÇUYEVA A.F.**

*Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti,
Azadlıq prospekti 20, Bakı, Azərbaycan, AZ1010
shamee1babazadeh@gmail.com*

Müasir cəmiyyətdə tələb olunan vacib tərəflərdən biri də ölkələr, qitələr arasında sürətli, etibarlı və rahat informasiya mübadiləsinin həyata keçirilməsidir. Kompüterlər arasında əlaqə şəbəkələr vasitəsilə təmin edilir. Məqalədə kompüter şəbəkələrinin əsas tipik topologiyaları araşdırılacaqdır. Tədqiqatın məqsədlərinə şəbəkə topologiyalarının tədqiqi, müxtəlif topologiyalı şəbəkələrin işləməsi haqqında nəticə çıxarmaq, şəbəkələrin üstünlükləri və çatışmamazlıqlarının müəyyən edilməsi daxildir.

Açar sözlər: topologiya, radiorabitə, telekommunikasiya.

GİRİŞ

Məqaləmizdə kompüter şəbəkələrinin tipik topologiyaları tədqiq olunmuşdur. Tədqiqat zamanı müxtəlif topologiyalı şəbəkələrin işləməsi haqqında nəticə çıxarılmış, şəbəkələrin üstünlükləri və çatışmamazlıqları müəyyən edilmişdir.

Düzgün təşkil edilmiş və mütəxəssis tərəfindən idarə olunan şəbəkə ayrıca kompüterlə müqayisədə bir çox üstünlükləri təmin edir:

1. *Məlumat paylaşımı.* Şəbəkə üzrə məlumatlar mərkəzi kompüterdə saxlanılır və şəbəkədəki istənilən kompüter vasitəsilə əldə edilə bilər.
2. *Resursların Paylaşılması.* Periferik cihazlar şəbəkə hostları tərəfindən paylaşılır və hər kəsin bu şəbəkədə olan hostlardan istifadə etmək imkanı olur. Məsələn, printer, faks, modem, skaner, yaddaş qurğuları və qlobal şəbəkəyə qoşulma imkanları.
3. *Proqramların Paylaşılması.* Mərkəzləşdirilmiş şəkildə quraşdırılmış proqramlar bütün şəbəkə istifadəçiləri üçün əlçatan olur, beləliklə hər kəs həmin proqramları bir dəfə yükləməklə istifadə edə bilər.
4. *Elektron Poçt.* Şəbəkə istifadəçiləri arasında elektron poçt vasitəsilə mesaj göndərmək və qəbul etmək mümkündür.
5. *Yaddaş və Performans Tələbləri.* Yaddaş və performans ehtiyacları şəbəkənin daha geniş istifadə sahələrində tətbiq oluna bilən çoxsaylı tapşırıqları yerinə yetirə bilmək üçün vacibdir.

Lokal şəbəkələrə aid bəzi vacib xüsusiyyətlər mövcuddur. Ən önəmlisi sürətli və etibarlı əlaqə qurma bacarığıdır. Lokal şəbəkələr tipik olaraq bir neçə otaq və ya bir bina ilə məhdudlaşır, buna görə də əlaqə xəttinin uzunluğu ümumiyyətlə yüz metrədən çox olmur. Onlar müəyyən sayda kompüterləri birləşdirir və bu da yüksək keyfiyyətli əlaqə təmin edir. Bu səbəbdən məlumat ötürülmə sürəti 10 Mbit/s və daha yüksək ola bilər. Həmçinin, düzgün əlaqə qurulması vacibdir, çünki səhv düzəltmə zamanı sürət itkisi baş verə bilər. Lokal şəbəkələrdə xüsusi texniki avadanlıqlardan istifadə olunur [1,2].

Şəbəkə topologiyasının iki əsas növü mövcuddur:

- Fiziki Topologiya: Şəbəkə qovşaqları arasında real yerləri və əlaqələri təsvir edir.
- Məntiqi Topologiya: Fiziki topologiya əsasında siqnalın ötürülmə üsulunu təsvir edir.

Topoloji struktur lokal şəbəkənin qiymətinə, eləcə də ötürmə qabiliyyətinə birbaşa təsir göstərir. Tədqiqat əsasında hər hansı bir məqsəd üçün ən uyğun kompüter şəbəkəsi topologiyasını seçmək mümkün olur.

NƏTİCƏLƏR VƏ MÜZAKİRƏLƏR

Müxtəlif şəbəkə avadanlığının yeni kabellər, birləşdiricilər və şəbəkə avadanlığının birləşdirilməsi üsullarının fiziki əlaqələrini təşkil etmək üçün fiziki şəbəkə topologiyaları istifadə olunur. Qiymət və funksiya baxımından fiziki şəbəkə topologiyaları müxtəlif olur. Şəbəkəyə qoşulan cihazların sayı artarsa mümkün konfigurasiya seçimlərinin sayı kəskin şəkildə artacaq. Beləliklə, dörd kompüterü iki yolla birləşdirə bilsək, beşinci kompüter üçün müxtəlif topoloji fərqli konfigurasiya təklif edə bilərik (kompüterlərin fərqlənməməsi şərti ilə).

Biz hər bir kompüterü bir-birinə birbaşa bağlamaq yerinə, məlumatların digər qovşaqlar vasitəsilə ötürülməsini təmin edən bir struktur qura bilərik. Bu zaman tranzit qovşaqları xüsusi vasitələrlə təchiz edilməli və məlumatlar hər bir qovşaq vasitəsilə ötürülərək şəbəkə üzvləri arasında əlaqə qurulmalıdır. Həm ümumi məqsədli kompüterlər, həm də xüsusi avadanlıqlar tranzit qovşağı rolunu oynaya bilər. Şəbəkənin xüsusiyyətləri əlaqə topologiyasına bağlıdır. Məsələn, qovşaqlar arasında çoxlu əlaqə yollarının olması şəbəkənin etibarlılığını artırır və fərqli bağlantıları balanslaşdırmağa imkan verir [3].

Mesh Topologiyası. Mesh (tam əlaqəli) topologiyasına görə, hər bir kompüter digər kompüterlərlə birbaşa əlaqə saxlayır. Bu sadə görünən, lakin çox mürəkkəb və təsirsiz bir yanaşmadır. Belə ki, şəbəkədəki hər bir kompüter digər kompüterlərlə əlaqə qurmaq üçün kifayət qədər rabitə portuna sahib olmalıdır və hər bir kompüter cütü üçün ayrı-ayrı fiziki əlaqə xətti tələb olunur. Şəbəkədə N qovşağı varsa, bu, $N(N-1)/2$ əlaqə xətti deməkdir ki, bu da böyük şəbəkələr üçün çox sayda xətt tələb edir. Bu səbəbdən bu tip topologiya adətən kiçik və orta ölçülü şəbəkələrdə istifadə olunur.

Fiziki Şəbəkə Topologiyaları. Fiziki şəbəkə topologiyaları arasında şin, ağac və passiv mərkəzli ulduz kimi nümunələr mövcuddur. Həmçinin, məlumat yönümlü şəbəkələr də müxtəlif topologiyalara əsaslanır: ardıcıl (nöqtə-nöqtə), ulduz, halqa, zəncir, tam qoşulmuş və təsadüfi. Burada biz şin, ulduz və halqa topologiyalarını daha ətraflı şəkildə izah edəcəyik.

- *Şin Topologiyası:* Bu topologiyada bütün cihazlar bir ümumi xəttə qoşulur. Məlumat ötürüldükdə, bütün cihazlar məlumatı qəbul edir. Lakin, şəbəkədə hər hansı bir xətt kəsildikdə, bütün şəbəkə işləməz vəziyyətə gəlir və bunun harada baş verdiyini tapmaq çətin ola bilər.
- *Ulduz Topologiyası:* Ulduz topologiyasında bütün cihazlar mərkəzi bir cihaz (hub və ya keçid) ilə əlaqə qurur. Bir cihazın uğursuz olması şəbəkənin digər hissələrinə təsir etməz, çünki məlumatlar yalnız mərkəzi cihaz vasitəsilə ötürülür.
- *Halqa Topologiyası:* Halqa topologiyasında hər bir cihaz bir-birinə birləşərək bir halqa təşkil edir. Məlumat, hədəf cihaza çatana qədər bir cihazdan digərinə ötürülür. Lakin, bu topologiyada bir cihazın sıradan çıxması halqanın tamamına təsir edə bilər [4].

Şəbəkə Topologiyalarının Xüsusiyyətləri və Üstünlükləri

- **Sadəlik:** Bəzi topologiyalar, məsələn, ulduz topologiyası, şəbəkə administratorları üçün sadə və başa düşülən olur. Bu, şəbəkənin strukturunu daha asan idarə etməyə və problemləri tez həll etməyə imkan verir.
- **Etibarlılıq:** Məlumatın düzgün şəkildə ötürülməsi üçün fiziki yolun sadə olması şəbəkənin etibarlılığını artırır. Məsələn, şin topologiyasında məlumatın ötürülməsi daha etibarlı olur, çünki şəbəkə uğursuzluqları digər cihazlarla yerinə yetirilə bilər.
- **Faydaları:** Fiziki şəbəkə topologiyası yeni cihazların əlavə edilməsini asanlaşdırır. Bu, şəbəkəni asanlıqla genişləndirməyə imkan verir.
- **Zolaq Genişliyi:** Şəbəkənin ötürmə qabiliyyəti topologiyaya görə dəyişir. Bəzi topologiyalar, məsələn, halqa, məlumatların halqadakı bütün cihazlardan keçməsinə tələb etdiyi üçün daha məhdud ötürmə qabiliyyətinə malik ola bilər, ulduz topologiyası isə daha yüksək səmərəli məlumat ötürülməsi təmin edir.

Şin Topologiyasının Çatışmazlıqları. Şin topologiyasının əsas çatışmazlıqları arasında şəbəkə xəttinin kəsilməsi zamanı bütün şəbəkənin sıradan çıxması, nasazlıqların yerini müəyyən etməyin çətinliyi və məlumatın zəifləməsi mövcuddur. Şəbəkə uzunluğu müəyyən bir limitə çatdıqda, məlumat ötürülməsi azalır və bu da şəbəkənin performansına mənfi təsir edə bilər. Bu səbəbdən, şin topologiyasının istifadə edildiyi şəbəkələrdə xüsusi gücləndiricilər və təkrarlayıcılar istifadə edilir, amma bu da uzunluq məhdudiyətlərini tam aradan qaldırmır.

"Ulduz" topologiyasının "şin" topologiyası ilə müqayisədə bir sıra üstünlükləri vardır. Ən önəmlisi, ulduz topologiyasının lokal şəbəkənin etibarlılığını artırması və nasazlıqlara qarşı daha dözümlü olmasıdır. Bu strukturda tıxacın yaranma ehtimalı da daha azdır, çünki şəbəkə əlaqələri mərkəzi bir cihaz vasitəsilə idarə olunur və məlumatlar bu mərkəzə yönləndirilir. Ayrıca, "bükülmüş cüt" kabellər üzərində işləyən avadanlıqların dəstəkləndiyi ulduz topologiyası, daha yüksək sürət və sabitlik təklif edir. Şəbəkə qovşaqlarından birinin uğursuz olması, şəbəkənin qalan hissəsinin işləməsinə təsir etməz, yalnız mərkəzi cihaz olan hubın sıradan çıxması, şəbəkənin tamamilə dayanmasına səbəb ola bilər. Lakin, ulduz topologiyasının tətbiqi daha yüksək maliyyə xərcləri tələb edir. Buna baxmayaraq, bu tip şəbəkə sisteminin təmin etdiyi yüksək etibarlılıq və performans, onu daha çox üstün edir [5].

Məntiqi topologiya, şəbəkə cihazları arasında məlumat axınının hansı yollarla və necə ötürülməsinə təsvir edir. Bu topologiya, məlumatların ötürülməsi qaydalarını müəyyən edərək, mühitdəki hər hansı müdaxilənin ötürülmənin düzgünlüyünə təsir etməməsinə təmin edir. Məntiqi topologiyanın bəzi əsas xüsusiyyətləri aşağıdakılardır:

1. *Fiziki və Məntiqi Topologiyaların Fərqi:* Məntiqi topologiya fiziki topologiyadan fərqlənə bilər. Bu o deməkdir ki, şəbəkədəki cihazların fiziki yerləşməsi, onların məntiqi əlaqələrini həmişə əks etdirmir. Məsələn, bir neçə kompüter fiziki olaraq eyni şəbəkəyə qoşulsa da, məntiqi olaraq onlar müxtəlif alt şəbəkələrdə yerləşə bilər.
2. *Mərkəzləşdirilmiş və Mərkəzləşdirilməmiş Topologiyalar:* Məntiqi topologiya həm mərkəzləşdirilmiş, həm də mərkəzləşdirilməmiş ola bilər. Mərkəzləşdirilmiş topologiyada bütün cihazlar, əlaqələrini idarə edən mərkəzi bir qovşağa (adətən marşrutlaşdırıcı) qoşulur.
3. *Şin Topologiyası:* Məntiqi topologiyaların ən yayılmış formalarından biri, cihazların ardıcıl olaraq bir vahid rabitə xəttinə qoşulduğu şindir. Bu, məlumatların eyni vaxtda ötürülməsinə imkan verir, lakin toqquşmaların qarşısını almaq üçün müəyyən üsulların tətbiqini tələb edir.
4. *Halqa Topologiyası:* Başqa bir məntiqi topologiya, məlumatların yalnız bir istiqamətdə ötürüldüyü qapalı halqa strukturu ilə əlaqəlidir. Bu, şəbəkəyə xəyata dözümlülük əlavə edir, lakin sinxronlaşdırılmış məlumat ötürülməsi tələb edir.
5. *Ulduz Topologiyası:* Switch (keçid) əsaslı şəbəkələrdə daha çox istifadə edilən məntiqi topologiya ulduz topologiyasıdır. Hər bir cihaz, məlumatlarını keçidə ötürür və bu keçid cihazlar arasında məlumatları ötürür. Bu, şəbəkənin daha çevik olmasına və idarə edilməsinin asanlaşmasına səbəb olur.

Məlumatların paylanması həyata keçirən sistemlərin qurulma variantlarının sayı ayrı-ayrı ötürücü qurğuların, istiqamətləndiricilərin, son qurğuların bloklarının çoxalması ilə sürətlə artır. Başqa sistemlərin bloklarından hansı blokun informasiyanı yalnız ötürəcəyini və ya yalnız qəbul edəcəyini araşdırmaq lazımdır.

Məlumatların paylanması həyata keçirən birləşdirici sistemlərin işləməsi və onların konstruksiyalarının hesabı bir çox amillərdən asılıdır. Bu amillərə aşağıdakılar daxildir:

a) veriliş sistemlərinə qoyulan texniki tələbat; b) gələcəkdə sistemin genişlənməsinə nəzərə alaraq quraşdırılan terminal qurğuların miqdarı; c) məlumatın ötürülmə məsafəsi; d) birləşdirici qurğulardakı itki; e) ətraf mühitin şəraiti; f) bir-birindən fərqlənən, qoşa terminallar arasında lazım olan dinamik diapazonun maksimal qiyməti. Adətən bu xarakteristikalar ardıcıl və paralel qoşulmuş sistemlərə malik konfigurasiyalarda müxtəlif şəkildə hesablanır. Təbii ki, hazırki məqaləmizdə topologiyaların bəziləri haqda məlumat verilmişdir. Şəbəkənin qeyd olunan bu topologiyalar ilə təşkil olunduğu zaman yuxarıda sadalanan amillərinə fikir verilməlidir. Məsələn belə olduğu təqdirdə şəbəkə həm maliyyə baxımından, həm də daha etibarlı, keyfiyyətli və dayanıqlı şəkildə fəaliyyət göstərər [5,6].

NƏTİCƏ

Şəbəkənin etibarlılığı, avadanlıqların mürəkkəbliyi, məlumat mübadiləsinin idarə olunması metodları, istifadə olunan kommunikasiya kanallarının növləri və şəbəkənin icazə

verilən ölçüsü, topologiyanın seçilməsindən asılı olaraq müəyyən edilir. Şəbəkə ilə birləşdirilmiş cihazların fiziki yeri isə topologiyanın seçilməsinə əhəmiyyətli dərəcədə təsir etmir. Yalnız topoloji struktur şəbəkənin ötürmə qabiliyyətini və xərcini müəyyənləşdirir. Burada istifadə olunan topologiyalar şəbəkənin cihazlarında məlumat mübadiləsinə müxtəlif üsullarla hansı şəkildə ötürüləcəyini təsvir edir. Beləliklə, bu topologiyalar məlumatların ötürülməsi qaydalarını müəyyən edir və informasiyanın daha optimal şəkildə mübadiləsinə imkan yaradır.

1. *Məmmədov M.İ., M.Ts. Orujova, N.M. Bayramova.* Kompüter Şəbəkələri. Bakı, 2014-jts.
2. *Олифер В.Г.* Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. СПб: Питер, 2018.
3. *Nadzeya A. Kukhtaa, Jurate Simokaitiene, Dmytro Volyniuk, Jolita Ostrauskaite, Juozas V. Grazulevicius, Gytis Juska, Vyginas Jankauskas.* Effect of linking topology on the properties of star-shaped derivatives of triazine and fluorene. *Synthetic Metals*, Volume 195, September 2014, pp. 266-275
4. *Simranjit Singh, Raman, R.S. Kaler.* Investigation of wavelength division multiplexed hybrid ring-tree-star network topology to enhance the system capacity. *Optik* 125 (2014) 6516-6519.
5. *D. Leykam & D. G. Angelakis.* Topological data analysis and machine learning. *Advances in Physics: X / arXiv*, 2022.
6. *W. Wang et al.* — “*TopoopT: Co-optimizing Network Topology and Parallelization*”, NSDI 2023 (paper & PDF).
7. <https://www.eeweb.com/network-topology/>
8. <https://bank.nauchniestati.ru/primery/diplomnaya-rabota-na-temu-analiz-i-oczenka-tipovyh-topologij-vychislitelnyh-setej-imwp/>.
9. <https://www.elprocus.com/types-of-wireless-communication-applications/>
10. <https://www.britannica.com/technology/Bluetooth>

АНАЛИЗ ТИПИЧНЫХ ТОПОЛОГИЙ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ

БАБАЗАДЕ Ш.ДЖ., ГОЧУЕВА А.Ф.

Одним из важных аспектов, необходимых современному обществу, является осуществление быстрого, надежного и удобного обмена информацией между странами и континентами. Связь между компьютерами осуществляется через сети. В статье будут рассмотрены основные типовые топологии компьютерных сетей. В задачи исследования входит изучение топологий сетей, получение выводов о работе сетей с различной топологией, выявление преимуществ и недостатков сетей.

Ключевые слова: топология, радиосвязь, телекоммуникации.

ANALYSIS OF TYPICAL COMPUTER NETWORK TOPOLOGIES

BABAZADEH SH.J., GOCHUYEVA A.F.

One of the important aspects required in modern society is the implementation of fast, reliable and convenient information exchange between countries and continents. Communication between computers is provided through networks. The article will examine the main typical topologies of computer networks. The objectives of the study include the study of network topologies, drawing conclusions about the functioning of networks with different topologies, and identifying the advantages and disadvantages of networks.

Keywords: topology, radio communications, telecommunications.

YUBİLEY

PROFESSOR MƏMMƏDYAROV ORXAN SƏMƏD OĞLU
(anadan olmasının 100 illiyinə)

5 fevral 2025-ci ildə Azərbaycan və SSRİ Energetikasına elmi töhfələr vermiş, Elektroenergetika sahəsinin qabaqcıl alimlərindən biri olan, əməkdar elm xadimi, Beynəlxalq Ekoenergetika Akademiyasının akademiki, görkəmli alim və pedaqoq, texnika elmləri doktoru, professor Orxan Səməd oğlu Məmmədovun 100 illiyi tamam olur.

O.S.Məmmədov 1949-cu ildə Azərbaycan Sənaye İnstitutunun energetika fakultəsini bitirmiş və əmək fəaliyyətinə Krasin adına DRES-dən başlamış və 1955-ci ilə qədər mühəndis və digər rəhbər vəzifələrdə çalışmışdır. 1955-ci ildən etibarən o, fasiləsiz olaraq, Azərbaycan Elmi-Tədqiqat və Layihə-Axtarış Energetika İnstitutunda işləmişdir. 1961-ci ildə Gürcüstan Politeknik İnstitutunda namizədlik dissertasiyasını, 1985-ci ildə isə Moskva Energetika İnstitutunda doktorluq dissertasiyasını müdafiə etmişdir.

O.S. Məmmədovun elmi fəaliyyətinin əsas istiqaməti elektroenergetik sistemlərdə rejimlərin idarə olunmasının kompleks məsələləri, xüsusilə, elektrik enerjisinin keyfiyyətinin statistik-ehtimal tədqiqi, elektroenergetik sistemlərin qərarlaşmış rejimlərinin hesablanması və avtomatik idarə edilməsi, elektrik stansiyalarında və şəbəkələrində reaktiv gücün və gərginliyin avtomatik tənzim edilməsi məsələləri ilə əlaqədardır. O, riyazi reqressiya modelləri əsasında elektroenergetik sistemlərin optimallaşdırılması və idarə edilməsi sahəsində, həmçinin çox kriteriyalılığı nəzərə almaqla real zamanda idarəetmənin elmi məktəbini yaratmışdır.

Onun tərəfindən enerji təchizat sistemlərinin keyfiyyətli idarə edilməsi və elektrik enerjisinin keyfiyyətinə nəzarət, onun yaxşılaşdırılması üçün lazım olan tədbirlərin seçilməsi problemi sahəsində ciddi işlər aparılmışdır. Digər tərəfdən o, enerji sistemlərin beynəlxalq səviyyədə fəaliyyət göstərməsi ilə əlaqədar olaraq, enerji sistemlərinin paralel və sinxron işləməsi üçün tezliyin avtomatik tənzimlənməsi və Azərenerji sisteminin Rusiya və İran sistemləri ilə enerji mübadiləsini nəzərə alan tədqiqat işlərini həyata keçirmişdir.

O.S. Məmmədovun rəhbərliyi altında yerinə yetirilmiş bir sıra işlər Zaqafqaziyanın Birləşmiş Dispetçer İdarəsində, “Azərenerji” ASC-nin elektrik şəbəkələrində və stansiyalarında, Dağıstan və Yakutsk enerji sistemlərində və digər müəssisələrdə uğurla tətbiq edilmişdir. O, beynəlxalq, keçmiş ittifaq və respublika nəşrlərində çap edilmiş 200-ə yaxın elmi əsərin, o cümlədən, elektroenergetika məsələlərində eksperimentin planlaşdırılması və elektrik şəbəkəsi rejiminin iqtisadi məsələlərinə həsr edilmiş monoqrafiyaların və ixtiraların müəllifidir. Onun rəhbərliyi ilə 10-dan artıq namizədlik dissertasiyası hazırlanmış və müvəffəqiyyətlə müdafiə edilmişdir. 40 ildən çox müddətdə o, ali məktəblərdə pedaqoji fəaliyyət göstərmişdir. O, bir neçə dərs vəsaitinin müəllifidir. 2004-cü ildə onun 2 ixtirası Azərbaycan Respublikasının patentinə layiq görülmüşdür.

Onun təşəbbüsü ilə «Azərenerji» ASC-nin mütəxəssislərinin hazırlanması və ixtisasının artırılması məqsədilə Tədris Mərkəzi yaradılmışdır. Orxan müəllim onun müasir tədris vəsaitləri ilə təmin olunmasına nail olmuş və Mərkəzə uğurla rəhbərlik etmişdir.

O.S. Məmmədov bir sıra beynəlxalq və respublika elmi-texniki konfranslarının təşkilatçısı olmuş və məruzələrlə çıxış etmişdir. Geniş elmi-pedaqoji və ictimai iş aparmaqla yanaşı o, respublika Ali Attestasiya Komissiyası ekspert şurasının, Respublika energetika və elektrotexnika elmi-texniki cəmiyyətinin sədr müavinləri vəzifələrində çalışmışdır. O, qazandığı nailiyyətlərə görə energetika və elektrifikasiya sahəsinin fərqlənmə nişanları və əlaçısı adı ilə təltif edilmişdir.

Görkəmli alim, nümunəvi müəllim, nəcib və xeyirxah, təvazökar insan, sadıq və mehriban dost olan Orxan müəllimin xatirəsi onu tanıyanların ürəyində həmişə qalacaq.

MÜNDƏRİCAT

ENERGETİKANIN KOMPLEKS PROBLEMLƏRİ

Həşimov A.M., Rəhmanov N.R., Quliyev H.B., İbrahimov F.Ş. Azərbaycan Respublikasının enerji sistemində külək və günəş elektrik stansiyalarının inteqrasiya və istifadəsinin aktual məsələləri.....	3
Əlizadə R.R. Bərpa olunan enerji mənbələrinin inkişaf perspektivləri və Azərbaycan enerji sisteminə böyük həcmdə bərpa olan enerji mənbələrinin tətbiq edilməsi problemləri.....	15

İSTİLİK ENERGETİKASI

Eyyubova K.S. Enerji keçidi şəraitində buxar turbinli generasiyanın innovativ inkişaf istiqamətləri.....	21
---	----

ELEKTROFİZİKA

İsmayılov A.Ə., Rüstəмова L.V., İsmayılov Ə.Ə., Şirinov M.M. InSe – SmSe sisteminin bərk məhlullarının monokristallarının fiziki xassələrinə güclü elektrik sahəsinin təsiri.....	28
Babayeva A.E., Səddinova A.A., Səlim-zadə R.İ., Dəmirova S.Z. Ag ₂ Te əlavə fazasının AgSbTe ₂ birləşməsinin istilikkeçiriciliyinə təsiri.....	32
Cəfərova A.N., Hadiyeva A.Ə. Mayələrin elektrikkeçiricilik əmsalının diaqnostikası.....	36

DATA ANALİTİK VƏ SÜNİ İNTELLEKT

Həşimov X.X., Aslanlı S.Q. Neft hasilatı quyularının idarəetmə sistemlərinin təhlili və təkmilləşdirilməsi.....	40
--	----

EKOLOGİYA

Rəhimov F.A., Rəhimova T.A. Karbon emissiyalarının azaldılmasında nüvə enerjisindən istifadənin üstünlükləri.....	50
--	----

İŞ TƏCRÜBƏSİNDƏN

Piriyeva N.M., Abbaslı X.R. Asinxron mühərrikin qoşulma üsulları və qeyri bərabər maqnetik dartısının dairəvi zaman intervalı qrafiki ilə identifikasiyası.....	54
Salamov O.M., Poladova V.N., Mustafayeva R.M., Salmanova F.Ə., Mahmudova T.Ə., Səfərova V.M., Vəlizadə İ.E. Azərbaycanda yaşıl enerjiddən istifadə perspektivləri Füzuli rayonunun aqrar potensialı.....	63
Babazadə Ş.C., Qoçuyeva A.F. Tipik kompüter şəbəkə topologiyalarının təhlili.....	72
Yubiley.....	76

СОДЕРЖАНИЕ

КОМПЛЕКСНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИКИ

- Гашимов А.М., Рахманов Н.Р., Гулиев Г.Б., Ибрагимов Ф.Ш.**
 Моделирование и анализ режимов в энергосистеме “Азерэнержи” с подключенными
 солнечными и ветровыми электростанциями большой мощности.....3
- Ализаде Р.Р.** Перспективы развития возобновляемых источников
 энергии и проблемы внедрения больших объемов ВИЭ в энергосистему
 Азербайджана.....15

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

- Eyyubova K.S.** Инновационные направления развития паротурбинной
 генерации в условиях энергетического перехода.....21

ЭЛЕКТРОФИЗИКА

- Исмаилов А.А., Рустамова Л.В., Исмаилов А.А., Широин М.М.** Эффект
 сильного электрического поля на физические свойства монокристаллов
 твердых растворов системы InSe–SmSe.....28
- Бабаева А.Э., Саддинова А.А., Селим-заде Р.И., Дамирова С.З.** Влияние
 дополнительной фазы Ag₂Te на теплопроводность соединения AgSbTe₂.....32
- Джафарова А.Н., Хадиева А.А.** Диагностирование коэффициента
 электропроводности жидкостей.....36

АНАЛИТИКА ДАННЫХ И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ

- Гашимов Х.Х., Асланлы С.Г.** Анализ и совершенствование систем
 управления нефтедобывающими скважинами.....40

ЭКОЛОГИЯ

- Рагимов Ф.А., Рагимова Т.А.** Перспективы использования ядерной
 энергии для снижения выбросов оксидов углерода.....50

ИЗ ОПЫТА РАБОТЫ

- Пириева Н.М., Аббасли Х.Р.** Способы подключения асинхронного
 двигателя и определение неравного магнитного момента по круговому
 графику временных интервалов.....54
- Саламов О.М., Поладова В.Н., Мустафаева Р.М., Салманова Ф.А.,
 Махмудова Т.А., Саферова В.М., Велизаде И.Э.** Перспективы использования
 зеленой энергии в Азербайджане аграрный потенциал Физулинского района.....63
- Бабазаде Ш.ДЖ., Гочуева А.Ф.** Анализ типичных топологий компьютерных
 сетей.....72
- Юбилей.....76

CONTENTS

COMPLEX PROBLEMS OF POWER ENGINEERING

- Hashimov A.M., Rahmanov N.R., Guliyev H.B., Ibrahimov F.SH.** Topical ISSUES of integration and operation of wind and solar power plants in the energy system of the republic of Azerbaijan.....3
- Alizade R.R.** Prospects for the development of renewable energy sources and problems of introducing large volumes of renewable energy sources into the energy system of Azerbaijan.....15

THE THERMAL POWER ENGINEERING

- Eyyubova K.S.** Innovative directions for the development of steam turbine generation in the context of the energy transition.....21

ELECTROPHYSICS

- Ismailov A.A., Rustamova L.V., Ismailov A.A., Shirinov M.M.** The effect of a strong electric field on the physical properties of single crystal's solid solutions of the InSe - SmSe system.....28
- Babayeva A.E., Saddinova A.A., Selim-zade R.I., Damirova S.Z.** The additional face Ag₂Te influence on the thermal conductivity of AgSbTe₂.....32
- Jafarova A.N., Hadiyeva A.A.** Diagnosing the coefficient of electrical conductivity of liquids.....36

DATA ANALYTICS AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE

- Hashimov KH.KH., Aslanli S.G.** Analysis and improvement of oil production well management systems.....40

ECOLOGY

- Rahimov F.A., Rahimova T.A.** Prospects of using nuclear energy to reduce carbon oxides.....50

FROM OPERATING EXPERIENCE

- Piriyeva N.M., Abbasli KH.R.** Methods of connecting an asynchronous motor and determining the unequal magnetic moment from a circular graph of time intervals.....54
- Salamov O.M., Poladova V.N., Mustafayeva R.M., Salmanova F.A., Mahmudova T.A., Saferova V.M. Velzade I.E.** Prospects for the use of green energy in Azerbaijan agrarian potential of the fuzuli region.....63
- Babazadeh SH.J., Gochuyeva A.F.** Analysis of typical computer network topologies.....72
- Y u b i l e y.....76

MÜƏLLİFLƏRİN NƏZƏRİNƏ

1. Ümumi qaydalar.

“Energetikanın problemləri” “jurnalında energetikanın kompleks problemləri, elektroenergetika, istilik energetikası, istilik fizikası, elektrofizika, elektrotexnologiya, informatika və yeni texnika sahələrinə həsr olunmuş elmi-texniki məqalələr dərc edilir, eyni zamanda cari xronika da verilir.

Jurnalın əsas məqsədi yüksək elmi keyfiyyət kriteriyalarına cavab verən orijinal elmi-texniki məqalələrin dərc edilməsidir.

Jurnal eyni zamanda konfranslar, simpoziumlar, elmi məktəblər, ümumiyyətlə elmi həyatda cərəyan edən hadisələr haqqında məlumatları da dərc edir.

Redaksiya heyəti, bu və ya digər səbəblərdən, jurnalın tələblərini təmin etməyən məqalələri dərc etməmək hüququnu üzündə saxlayır.

2. Məqalələrin təqdim edilməsi.

Bütün məqalələr aşağıda göstərilən ünvana, jurnalın redaksiyasına göndərməlidir:

Azərbaycan, Az-1143, Bakı, HüseynCavidprospekti, 131

Azərbaycan MEAFizikaİnstitutu

Tel.: (994 12) 538 – 16 – 60; (994 12) 539 – 44 - 02; Faks : (994 12) 539 – 31 – 16

E – mail: a.hashimov@physics.science.az;

Məsul katib Qurbanov Kamil Bəxtiyar oğlu.

3. Məqalələrin mətninin dili.

Məqalələr azərbaycan, rus və ingilis dillərində qəbul edilir. Respublika müəlliflərinin məqalələri yalnız azərbaycan və ya rus dillərində, yaxın xarici ölkələrdən olan müəlliflərin məqalələri yalnız rus dilində, uzaq xarici ölkələrin müəlliflərinin məqalələri isə yalnız ingilis dilində qəbul edilir.

4. Məqalələrin tərtib edilməsi qaydaları.

- 4.1. Məqalələr, jurnalın redaksiyasına disket təqdim etməklə, fərdi kompyüterdə, A4 formatlı ağ kağızda, səhifənin parametrləri: yuxarıdan və aşağıdan – 2sm, soldan və sağdan – 2,5 sm məsafə ilə, Times New Roman 12 şriftində yazılaraq, 1 nüsxədə, sətir aralığı 1 interval olmaq şərti ilə çap edilərək, qoşulmuş CD disk ilə təqdim edilir.
- 4.2. Məqalələrin ümumi həcmi, qrafiki materiallar, fotolar, cədvəllər, düsturlar, ədəbiyyatın siyahısı və xülasələr də daxil olmaqla 8 səhifədən yuxarı olmamalıdır.
- 4.3. Məqalələrinin birinci səhifəsinin sol küncündə Universal onluq təsnifatı (UOT) üzrə indeksi göstərməlidir. Sonra 1 interval aşağıdan, qalın və böyük həriflərlə məqalənin adı yazılır. Sonra 1 interval aşağıdan, qalın və böyük həriflərlə müəllifin (müəlliflərin) soyadı, adı və atasının adının baş hərifləri yazılır. 1 interval aşağıdan məqaləni təqdim edən təşkilatın adı yazılır. 1 interval aşağıdan, məqalənin mətninin dilinə uyğun olan, həcmi 10 sətirdən çox olmamaq şərti ilə, 10 şrifti ilə çap edilən xülasə, açar sözlər (5-6 söz), məqalənin əsas mətninin önündə verilir. Sonra 1 interval aşağıdan məqalənin əsas mətni 12 şrifti ilə çap edilir. Bilavasitə məqalənin mətninin davamı olaraq, heç bir başlıq vermədən, yalnız 20-25 simvolluq xətt çəkərək, say sırası ilə istifadə edilən ədəbiyyatın siyahısı verilir. Sonra ardıcıl olaraq rus (və ya azərbaycan) və ingilis dillərində olan xülasələr və açar sözlər (10 şrifti ilə çap edilərək) verilir. Məqalənin mətninin sonunda, əlaqə telefonları, telefakslar və E – mail-ı göstərməklə, müəlliflər məqaləni imzalayırlar.

- 4.4. Məqalənin qrafiki materialları, fotolar, cədvəllər, düsturlar mətnə uyğun yerlərdə yerləşdirilməlidir. Qrafiki materialların şərhinə aid olan yazılar məqalənin mətnində verilməlidir. Qrafiki materiallarda ədədi və ya hərfi işarələr göstərilərək, uyğun izahatlar mətnin içərisində verilməlidir. Qrafiki materialların aşağı hissəsində say sırası verilir və adı yazıla bilər (məsələn üçün, Şəx.3. Sınaq qurğusunun sxemi).
- 4.5. Ədəbiyyat say sırası qeyd edilməklə, orijinalın dilində verilir. Müəlliflərin soyadı, adı və atasının adı kursivdən istifadə etməklə yazılır. Ədəbiyyatın siyahısı aşağıda verilən nümunələr üzrə tərtib edilir.

Kitablar

1. *Разевиг Д.В., Соколова М.В.* Расчет начальных и разрядных напряжений газовых промежутков. М.: Энергия, 1977. - 178 с.
2. *De Gennes P.G.* The Physics of Liquid Crystals. London: Cambridge Univ. Press, 1974.
3. *Скальный А.В.* Химические элементы в физиологии и экологии человека. М.: Оникс 21 век. 2004. 216 с.

Jurnallar

4. *Аганов В.Г., Разевиг Д.В.* // Электричество. - 1972. - № 5. - с. 32-36.
5. *Ялякбяров О.З.* // Физика-1999-№ 3- с.44-49.
6. *Гашимов А.М., Нурубейли Т.К., Нуриев К.З., Гурбанов К.Б.* //Журнал технической физики. 2009, т. 79, № 8, с. 99-103,

Deponə edilmiş əl yazması.

7. *Иванов Л.П.* М., 1985. 40с. - Деп. в ВИНТИ 25.10.85, №19233.
8. *Викулина Т.Д.*; 1998. 214 с. – Деп. в ИНИОН РАН 06.10.98, № 53913.

Dissertasiyalar

9. *Петров В.Г.* Дис. канд. физ.-мат. наук. Л.: Институт Высокмолекулярных соединений, 1985.
10. *Сидоров Н.В.* Дис. д-ра хим. наук. Новосибирск: Институт Химии, 1979.
11. *Nurubeyli T.K.* Fiz. üzrə fəlsəfə dok. dis. Bakı: Fizika İnstitutu, 2010

Müəlliflik şəhadətnamələri və patentlər

12. *Алиев С.Г., Джалалов К.Х.* А.С. 163514 СССР // Б.И. 1988. № 4.с.50
13. Пат. 3386968 США // РЖ ФИЗ. 1970, 25, с. 400.
14. *Langsam M., Savoca A.C.L.* Pat. 4759776, USA, 1988.
15. *Нəşимов А.М., Нурубейли Т.К., Нуриев К.З.*//Pat. İ 2015 0010, Bakı, 2015

Konfranslar, simpoziumlar

16. *Медведев П.Т.* // Тез. докл. III Всесоюз. Совещ. по проблемам энергетики. Л.: Изд. ЛПИ, 1984, с.30.
17. *Нуриев К.З., Гурбанов К.Б., Нурубейли Т.К.*, //Тез.док. IV Всероссийская конференция «Масс-спектрометрия и ее прикладные проблемы» 2011 г. Москва с. 92

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

1. Общие правила.

В журнале “Проблемы Энергетики” публикуются научно - технические статьи в области комплексных проблем энергетики, электроэнергетики, теплоэнергетики, теплофизики, электрофизики, электротехнологии, информатики и новой техники, а также приводится текущая хроника.

Основной целью журнала является публикация оригинальных научно-технических статей, отвечающих требованиям высокого научного качества.

В журнале приводятся сведения о работе конференций, симпозиумов, различных научных школ, а также об интересных событиях, происходящих в научном мире.

Редакция сохраняет за собой право не публиковать материалы по тем или иным причинам, не удовлетворяющим требованиям журнала.

2. Представление статей.

Статьи должны быть представлены в редакцию журнала по следующему адресу:

Азербайджан, Аз-1143, Баку, пр. Г. Джавида, 131
Институт Физики НАН Азербайджана
Тел: (994 12) 538-16-60; (994 12) 539-44-02; Факс: (994 12) 539-31-16

E-mail: a.hashimov@physics.science.az;

Ответственный секретарь - Гурбанов Кямилль Бахтияр оглы.

3. Язык статей.

Статьи принимаются на азербайджанском, русском и английском языках, причем статьи авторов из Азербайджана должны быть представлены на азербайджанском или русском языках, статьи авторов из стран СНГ - только на русском языке, статьи авторов из дальнего зарубежья - только на английском языке.

4. Правила оформления статей.

- 4.1. В редакцию журнала представляются статьи, набранные и напечатанные в одном экземпляре через один интервал на персональном компьютере, на белой бумаге формата А 4, шрифтом Times New Roman, размер шрифта 12, а также представляется в электронном виде на CD диске. Поля сверху и снизу - 2 см, слева и справа - 2,5 см.
- 4.2. Объем статье должен превышать 8 страниц, включая графические материалы, фото, таблицы, формулы, список литературы и аннотации.
- 4.3. В верхнем левом углу первой страницы статьи указывается индекс УДК. Через 1 интервал ниже помещается название статьи жирным и заглавным шрифтом. Через 1 интервал помещается фамилия (фамилии), и инициалы автора (авторов) жирным и заглавным шрифтом. Через 1 интервал указывается наименование организации. Через 1 интервал помещается аннотация на языке статьи объемом не более 10 строк и ключевые слова (5-6 слов) шрифтом 10. Через 1 интервал помещается основное содержание статьи шрифтом 12. В конце основного текста статьи проводится прочерк длиной 20-25 символов, после чего помещается список литературы без

какого-либо названия, в порядке нумерации ссылок в тексте статьи. После этого через 1 интервал помещаются аннотации на двух других языках – русском (или азербайджанском), английском и ключевые слова (5-6 слов) шрифтом 10.

В самом конце статьи помещаются контактные телефоны, факсы и E – mail, а также подписи всех авторов.

4.4. Графические материалы, фото, таблицы, формулы помещаются в соответствующих разделах текста статьи. Надписи, относящиеся к графическим материалам, помещаются в тексте статьи. В графическом материале указываются буквенные и цифровые обозначения, а их комментарии помещаются в тексте статьи. В нижней части графического материала указывается номер и может указываться название материала (напр., Рис.3. Схема установки....)

4.5. Список цитированной литературы приводится на языках оригиналов. Фамилии и инициалы авторов печатаются курсивом. Список литературы оформляется по образцу, приведенному ниже:

Книги

1. *Разевиг Д.В., Соколова М.В.* Расчет начальных и разрядных напряжений газовых промежутков. М.: Энергия, 1977. - 178 с.

2. *De Gennes P.G.* The Physics of Liquid Crystals. London: Cambridge Univ. Press, 1974.

3. *Скальный А.В.* Химические элементы в физиологии и экологии человека. М.: Оникс 21 век. 2004. 216 с.

Журналы

4. *Аганов В.Г., Разевиг Д.В.* // Электричество. - 1972. - № 5. - с. 32-36.

5. *Ялякбяров О.З.* // Физика-1999-№ 3- с.44-49.

6. *Гашимов А.М., Нурубейли Т.К., Нуриев К.З., Гурбанов К.Б.* //Журнал технической физики. 2009, т. 79, № 8, с. 99-103

Депонированные рукописи

7. *Иванов Л.П.* М., 1985. 40с. - Деп. в ВИНТИ 25.10.85, №19233.

8. *Викулина Т.Д.*; 1998. 214 с. – Деп. в ИНИОН РАН 06.10.98, № 53913.

Диссертации

9. *Петров В.Г.* Дис. канд. физ.-мат. наук. Л.: Институт Высокомолекулярных соединений, 1985.

10. *Сидоров Н.В.* Дис. д-ра хим. наук. Новосибирск: Институт Химии, 1979.

11. *Аношкина Ю.В.* Дис. канд. хим. наук. Томский государственный университет, 2012

Авторские свидетельства и патенты

12. *Алиев С.Г., Джалалов К.Х.* А.С. 163514 СССР // Б.И. 1988. № 4.с.50

13. Пат. 3386968 США // РЖ ФИЗ. 1970, 25, с. 400.

14. *Langsam M., Savoca A.C.L.* Pat. 4759776, USA, 1988.

15. *Гашимов А.М., Гурбанов К.Б.* // Пат. İ 2015 0010, Баку, 2015

Конференции, симпозиумы

16. *Медведев П.Т.* // Тез. докл. III Всесоюз. Совещ. по проблемам энергетики. Л.: Изд. ЛПИ, 1984, с.30.

17. *Нуриев К.З., Гурбанов К.Б., Нурубейли З.К.*, //Тез. док. IV Всероссийская конференция «Масс-спектрометрия и ее прикладные проблемы» 2011 г. Москва с. 92

FOR THE ATTENTION OF AUTHORS

1. General Rules.

The **Journal of Electric Power** is dedicated to publicize scientific research articles reflecting the current problems in the electric power systems, heat transfer, technology and information technology, and digests.

The main purpose of the Journal is publishing of the original scientific articles, meeting high quality requirements.

The journal also informs about the results of conferences, seminars, various scientific schools, and the events taking place in the scientific society.

The editorial board reserves the right not to publish the submitted documents, which for various reasons do not satisfy the requirements of the Journal.

2. Submission of the papers.

The papers must be submitted to the editorial body at the following address:

Azerbaijan, A3-1143, Baku, pr. G.Javid, 131
Institute of Physics of the National Academy of Sciences of Azerbaijan
Tel: (994 12) 539-16-60; 539-44-02; Fax: (994 12) 539-31-16

E-mail: a.hashimov@physics.science.az;
For the Attention of K.B. Kurbanov – the Responsible Secretary

3. The Language

The papers can be accepted in either of Azeri, Russian or English. The papers submitted by Azerbaijani authors must be submitted in Azeri and Russian, the papers of those from CIS countries—in Russian, and those originated from the countries outside CIS—in English.

4. The papers must be submitted in the following format.

- 4.1. The hard copy of the paper must be submitted on the A4 format in 1-line interval, typed in “Times New Roman”, in 12 font, with the borders from top and bottom – 20 mm, from left and right – 25 mm. The electronic copy on a CD-disk should be submitted along with the hard copy.
- 4.2. The paper must not contain more than 8 pages of text, inclusive of any graphs, photos, formulas, reference lists and annotations.
- 4.3. In the upper left corner of the paper the index of UDC must be indicated. Below that, omitting one line, the name of the article must be placed printed in a **BOLD CAPITAL LETTERS**. Underneath the name of the paper, omitting 1 line, the name of the author(s) printed in capital letters must be printed. Below that, omitting 1 line, the name of the organization must be indicated, which supported the research. The abstract follows that, leaving 1 line of blank space, which must be no more than 10 lines, and keywords (5-6 words) of font 10. The text of the paper follows the abstract, leaving 1 line. Drawing a line with the length 20-25 symbols must indicate the end of the text. The reference list is printed below the line, following the same order as it was referred to in the text. Below the

reference list, the summaries and keywords (5-6 words) in Russian and English must follow.

At the end of the paper, the contact details must be placed, and also all the authors must put their signatures.

4.4. All graphic materials, photos, tables, formulas must be placed in the corresponding place of the text. The legends must be placed in the text. All the keys to the symbols must be given in the text of the paper. Below the graphic material the number can be indicated followed by the name of the material (e.g. Fig. 3. Schematic drawing of the installation...)

4.5. The cited materials must be referred to using their original language. The names of authors must be given in *italics*. The reference list must follow the example below:

Books

1. *Gielen M., Tiekink E.R.T.* Metallotherapeutic Drugs and Metal-Based Diagnostic Agents. N.Y.: Wiley. 2005. 598 p.

2. *Venkatesh Iyengar G., Subramanian K.S., Woittiez J.R.W.* Element Analysis of Biological Samples: Principles and Practices, V II. N.Y.: CRC Press. 1997. 272 p.

Journals

3. *Timerbaev A.R.* // J. Anal. At. Spectrom. 2014. V. 29. № 6. P. 1058–1072.

4. *Guo W., Hu Sh., Zhang J., Hu Zh., Zhang H., Wang Y.* // Talanta. 2012. V. 91. P. 60–64.

Patents

5. *Langsam M., Savoca A.C.L.* Pat. 4759776, USA, 1988.

6. *Hashimov A.M., Qurbanov K.B.*//Pat. İ 2015 0010, Baku, 2015

Deposited manuscripts

7. *Ivanov L.P. M.*, 1985, 40s. - Dep. in VINITI 10/25/85, No. 19233.

8. *Vikulina T.D.*; 1998, 214 s. - Dep. at INION RAN 06.10.98, No. 53913.

Dissertation

9. *Petrov V.G.* Dis. Cand. phys.-mat. sciences. L.: Institute of High Molecular Compounds, 1985.

10. *Sidorov N.V.* Dis. Dr. chem. sciences. Novosibirsk: Institute of Chemistry, 1979.

11. *Anoshkina Yu.V.* PhD in chem. Tomsk State University, 2012

Conferences, symposia

16. *Medvedev P.T.* // Abstracts. report III All-Union. Meeting. on energy problems. L. : Ed. LPI, 1984, p. 30.

17. *Nuriev K.Z., Gurbanov K. B., Nurubeyli Z. K.*// Abstracts of documents. IV All-Russian conference "Mass spectrometry and its applied problems" 2011 Moscow p. 92

QEYD ÜÇÜN

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ENERGETİKANIN PROBLEMLƏRİ

elmi – texniki jurnal

№ 3 2025

AR Elm və Təhsil Nazirliyinin Fizika İnstitutunun əməkdaşı Z.A.Tağıyeva tərəfindən yığılıb,
nəşrə hazırlanmışdır

Qeydiyyat №-si: B 507

Tiraj 50 nüsxə

Bakı

Redaksiyanın ünvanları : Bakı, Az-1143, H.Cavid prospekti, 131, Az.MEA Fizika İnstitutu

Bakı, Az -1602, H.Zərdabi prospekti, 94, Az.ETE və ELİ