

АНАЛИЗ ЗАКОНОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ, РЕАЛИЗОВАННЫХ В СИСТЕМАХ СТАТИЧЕСКОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.20182017>

O'rolov Dilshod Baxriddin o'g'li

student

ORCID: 0009-0006-7985-0340

Karshi State Technical University

Аннотация: Цифровые системы автоматического регулирования возбуждения (АРВ) в системах статического возбуждения построены на основе принципов управления П, ПИ, ПД и ПИД. Это представляет собой комбинацию пропорциональной, интегральной и дифференциальной составляющих в зависимости от требований решаемой задачи.

Ключевые слова: статическое возбуждение, АРВ, электропривод, синхронные двигатели.

В компрессорных станциях с мощными синхронными электроприводами при характерных нагрузках в основном применяются системы статического АРВ, основанные на принципах ПИ и ПИД. Работа таких систем с обратной связью и схемой автоматического регулирования подробно рассмотрена.

Регулирование тока возбуждения синхронных электроприводов осуществляется в зависимости от различных схем, конфигурации узла нагрузки и режима работы, а также с учётом следующих факторов:

1. изменение значения напряжения в узле нагрузки ($U_{ш} = const$);
2. изменение внутреннего угла статора и значения тока статора;
3. воздействие управляющих сигналов на обмотку возбуждения либо селективно по времени, либо одновременно;
4. изменение реактивной мощности синхронного двигателя и поддержание её на постоянном уровне;
5. изменение коэффициента мощности.

В некоторых случаях целесообразно управление током возбуждения по нескольким (двум и более) параметрам на основе сложных законов регулирования.

В условиях практической эксплуатации нагрузка синхронного двигателя характеризуется как изменениями на валу ротора, так и снижением

напряжения во внешней системе электроснабжения. В качестве наиболее оптимальных методов управления рассматриваются способы регулирования по отклонению напряжения статора и по реактивной составляющей тока статора.

При работе мощных электроприводов необходимо одновременно обеспечивать несколько критериев. Например, устойчивость узла нагрузки и генерация реактивной мощности часто зависят от стабильности напряжения.

При изменении нагрузки в пределах статической устойчивости ($\delta < 70\text{--}90^\circ$) параметры считаются эквивалентными для регулирования. Если нагрузка превышает предел статической устойчивости, активный ток уменьшается и требуется увеличение тока возбуждения. В режиме недовозбуждения более эффективным является управление по углу нагрузки.

Исходя из вышеизложенного, определяется необходимость наличия следующих сигналов обратной связи в автоматическом регуляторе возбуждения:

- обратная связь по напряжению статора;
- обратная связь по току возбуждения;
- обратная связь по реактивному току соседних потребителей электроэнергии;
- обратная связь по углу δ (или по активному току).

Для сохранения синхронизма при снижении напряжения в системе возбуждения применяется режим форсировки. Этот режим обеспечивает быстрое увеличение тока ротора выше номинального значения. Условием включения форсировки является снижение напряжения сети до определённого уровня. $U_{ust.min}$ до заданного уровня, а отключение –

при восстановлении напряжения до нормального значения. $(0,95\text{--}0,97) \cdot$

$U_{ust} \geq (0,95 \div 0,97)U_{nom}$ выше заданного уровня или по истечении установленного времени ($T_{ust} = 8 \div 60s$) считается. Продолжительность форсировки в основном зависит от длительности снижения напряжения на статоре. Ограничение по времени вводится для предотвращения перегрева ротора.

После завершения форсировки синхронный двигатель переходит в постфорсировочный режим.

ГОСТ 24688-81 в соответствии с требованиями, напряжение сети

0,8 U_{nom} при снижении до значения система возбуждения должна как минимум 1,4 · I_{nom} , nominal при напряжении не менее 1,75 · I_{nom} должна обеспечивать коэффициент форсировки.

Форсировка также необходима при резких изменениях нагрузки на валу ротора (потеря нагрузки и последующее её резкое увеличение). В этом случае при исчезновении нагрузки ток возбуждения снижается до минимального значения, а при её восстановлении ПИ-регулятор начинает его увеличивать, однако в некоторых случаях скорость изменения нагрузки может превышать возможности регулятора. В результате двигатель может перейти в состояние недовозбуждения и в асинхронный режим.

Для эффективного управления током возбуждения в программное обеспечение вводится математическая модель ПИ-регулятора. Чем более точно разработана данная математическая модель, тем более устойчиво и качественно работает система.

В общем случае уравнение выходного напряжения ПИД-регулятора выражается следующим образом:

$$U(t) = K_p \cdot e(t) + \frac{1}{T_i} \cdot \int_0^t e(t) dt + T_d \cdot \frac{de(t)}{dt}, \quad (1.1)$$

в данном случае t – время.

K_p, T_i, T_d – соответственно коэффициент пропорциональности регулятора (безразмерный), постоянная интегрирования (имеющая размерность времени) и постоянная дифференцирования (имеющая размерность времени).

e – сигнал рассогласования или сигнал ошибки.

K_p, T_i, T_d Правильный выбор коэффициентов позволяет оптимизировать качество работы регулятора: сокращается время выхода на заданное значение, уменьшается влияние внешних воздействий и снижаются отклонения. T_i при больших значениях – регулятор медленно приводит объект к заданному режиму, T_i слишком малое значение приводит к перерегулированию.

Одним из важных требований, предъявляемых к динамическим свойствам систем автоматического регулирования, является качество переходного процесса. К основным показателям качества переходного процесса относятся:

- время регулирования;
- величина перерегулирования;
- колебательность процесса;
- установившаяся ошибка;
- характер затухания переходного процесса.

Перерегулирование (σ) – это максимальное отклонение управляемой величины (тока возбуждения $I_{\text{возб.}}$) первого максимального отклонения относительно его установившегося значения. ($I_{\text{возб.уст.}}$) определяется как отношение.

Чем больше σ , тем выше склонность системы к колебаниям. Качество регулирования считается удовлетворительным, если перерегулирование не превышает 30–40 %.

Опыт эксплуатации показывает, что при наличии перерегулирования мощные синхронные двигатели могут работать неустойчиво в постфорсировочном режиме (рис. 1.3).

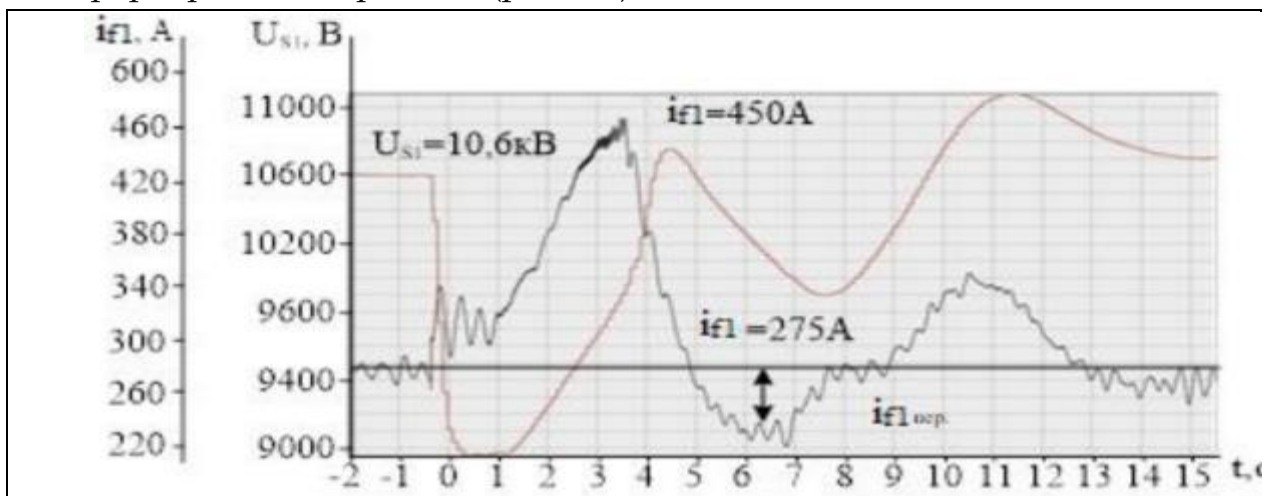


Рисунок 1.3 – Экспериментальные осциллограммы, отражающие перерегулирование тока возбуждения ($i_{f1 \text{ пер}}$).

В постфорсировочных режимах синхронный двигатель (СД) может находиться в неустойчивом состоянии синхронизации. Возврат к устойчивому режиму работы обеспечивается воздействием на ток возбуждения СД через контур управления по углу нагрузки. Увеличение угла нагрузки, как правило, носит кратковременный характер, однако в некоторых условиях может привести к переходу СД в асинхронный режим.

Режим аварии для системы АРВ (автоматического регулирования возбуждения) характеризуется включением функции «форсировки», тогда как постфорсировочный режим определяется периодом после завершения

форсировки и устранением несоответствия между максимальным током возбуждения, достигнутым во время форсировки, и требуемым током возбуждения после её окончания. Данное значение необходимо для обеспечения соответствия заданным значениям коэффициента мощности $\cos\varphi$ (+0,99; 1,00).

Для предотвращения перехода синхронного двигателя (СД) в асинхронный режим при выходе из форсировки необходимо обеспечить плавное снижение тока возбуждения.

Для реализации данной задачи можно использовать следующие методы:

- введение в систему АРВ нового параметра – скорости закрытия тиристорov (град/с) и запуск ПИ-регулятора при достижении $\cos\varphi = 1$;
- запоминание угла открытия тиристорov в момент последнего достижения $\cos\varphi = 1$ и возврат к этому углу после окончания форсировки;
- повышение условия отключения форсировки по напряжению с 9,8 кВ до 10 кВ или 10,2 кВ (что увеличивает длительность форсировки и даёт время для стабилизации параметров СД);
- повышение данного условия до 10,9–11,0 кВ, при котором форсировка завершается не по напряжению, а по заданному времени (например, 8 с);
- изменение параметров ПИ-регулятора.

Хотя в системах статического возбуждения с помощью АРВ обеспечиваются допустимые значения перерегулирования, при выполнении других условий задача обеспечения устойчивости синхронного двигателя (СД) в постфорсировочных режимах до настоящего времени полностью не решена.

Вывод: на компрессорных станциях (КС) с мощными синхронными двигателями основным способом регулирования нагрузки является изменение числа работающих газоперекачивающих агрегатов (ГПА), что приводит к необходимости частых пусков и остановов синхронных двигателей.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Muxitdinova, A. S. (2024). METHODOLOGICAL ANALYSIS OF SCIENTIFIC KNOWLEDGE IN TEACHING SCIENCE. *SUSTAINABILITY OF EDUCATION, SOCIO-ECONOMIC SCIENCE THEORY*, 3(25), 155-158.

2. Аликулова, С. (2023). Формирование специальных компетенций будущих инженеров инженерно-энергетической профессии в технических высших учебных заведениях. *Общество и инновации*, 4(11/S), 113-117.

3. Аликулова, С. М. (2023). ТЕПЛОВАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СИСТЕМЫ СОЛНЕЧНОГО ОТОПЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПЛОСКИХ РЕФЛЕКТРОВ, УСТАНОВЛИВАЕМЫХ С СЕВЕРНОЙ СТОРОНЫ ЗДАНИЯ. *Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences*, 3(4-2), 556-559.

4. Shukurova, O., Pirimov, O., Alikulova, S., & Juraev, H. (2024, November). Problems of control of compressor devices in GTL technologies and construction of a model of the injection process. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 3244, No. 1, p. 060008). AIP Publishing LLC.

5. Karimov, I., & Alikulova, S. Pedagogik Mahorat Asosida Ta'lim Metodlarining Samaradorligini Oshirish. *Maktabgacha va Maktab Ta'limi Jurnali*, 676124.

6. Shouket, H. A., Ameen, I., Tursunov, O., Kholikova, K., Pirimov, O., Kurbonov, N., ... & Mukimov, B. (2020, December). Study on industrial applications of papain: A succinct review. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 614, No. 1, p. 012171). IOP Publishing.

7. Usmanov, E., Rajabboeva, A., Kurbonov, N., & Kurbanova, K. (2024, June). Operational logic scheme of the sketch base for an educational simulator in the fundamentals of power supply. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 3152, No. 1, p. 050029). AIP Publishing LLC.

8. Turdiboyev, A., Aytbaev, N., Mamutov, M., Tursunov, A., Toshev, T., & Kurbonov, N. (2023, March). Study on application of electrohydraulic effect for disinfection and increase of water nutrient content for plants. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1142, No. 1, p. 012027). IOP Publishing.

9. Abdullayevich, Q. N. Muzaffar o'g'li, NT (2024). *NORMALIZATION MODES OF HYDROGENERATORS. THE THEORY OF RECENT SCIENTIFIC RESEARCH IN THE FIELD OF PEDAGOGY*, 2(25), 368-371.

10. Abdullayevich, Q. N. (2023). REACTIVE POWER COMPENSATION. *IMRAS*, 6(6), 506-508.

11. Abdullayevich, Q. N. Almardon o'g'li, NA, & Bahodir o'g, QOA (2024). *INFLUENCE OF ELECTRICAL ENERGY QUALITY ON ELECTRICAL ENERGY WASTE*. *Научный Фокус*, 1(9), 786-789.

12. Abdullayevich, K. N. (2024). ЭНЕРГИЯНИ ТЕЖАШ ВА ЭНЕРГИЯ САМАРАДОРЛИГИ СОҲАСИДА ИННОВАЦИОН ФАОЛИЯТНИ БОШҚАРИШДА ЛОЙИҲА ЁНДАШУВИДАН ФОЙДАЛАНИШ. *THE*

THEORY OF RECENT SCIENTIFIC RESEARCH IN THE FIELD OF PEDAGOGY, 2(25), 363-367.

13. Abdullayevich, Q. N., & Qizi, Q. M. S. (2023). Ways to Reduce Losses in Power Transformers. *Texas Journal of Engineering and Technology*, 20, 36-37.

14. Mahmutxonov, S. J., Qurbonov, N., & Babayev, O. (2022). ELEKTR TARMOQLARIDA SIFAT KO 'RSATKICHLARI VA ISROFLAR. *Innovatsion texnologiyalar*, 47, 14-15.

15. Abdullayevich, K. N. (2024). ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯ СИФАТИНИ ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯ ИСРОФИГА ТАЪСИРИ. *PEDAGOG*, 7(9), 183-188.

16. Abdullayevich, K. N., & Olimjon o'g'li, E. J. (2024). Using consumer-regulators to equalization of electrical energy system load schedule. *Journal of Multidisciplinary Bulletin*, 7(4), 25-29.

17. Abdullayevich, K. N. (2024). Analysis and evaluation of the effectiveness of energy saving in industrial enterprises. *SCIENTIFIC APPROACH TO THE MODERN EDUCATION SYSTEM*, 3(28), 75-81.

18. Курбонов, Н. А., Халикова, Х. А., & Неъматов, Б. А. О. (2024). ВОПРОСЫ ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ АФГАНИСТАНА, УЗБЕКИСТАНА И ТАДЖИКИСТАНА С УЧЕТОМ НОВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА. *Eurasian Journal of Academic Research*, 4(6-1), 37-41.

19. Abdullayevich, Q. N., & Elmurodovich, B. O. (2023). ПРОВЕДЕНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ ПО ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ СХЕМАМ. *Новости образования: исследование в XXI веке*, 1(7), 1006-1010.

20. Abdullayevich, Q. N. (2023). REDUCING ELECTRICITY LOSSES IN ELECTRICAL DISTRIBUTION NETWORKS DUE TO MULTICRITERIA OPTIMIZATION OF LINE SECTIONS. *MODELS AND METHODS FOR INCREASING THE EFFICIENCY OF INNOVATIVE RESEARCH*, 3(28), 275-279.

21. Abdullayevich, K. N. (2024). ОЦЕНКА ВЛИЯЮЩИХ ФАКТОРОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ УДЕЛЬНОГО РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИИ. *PROSPECTS AND MAIN TRENDS IN MODERN SCIENCE*, 2(13), 531-536.

22. Abdullayevich, K. N. (2024). ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ МОНИТОРИНГ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ. *Новости образования: исследование в XXI веке*, 3(26), 203-208.

23. Abdullayevich, K. N., & Abduzairovna, N. M. (2024). ЭЛЕКТР ТАЪМИНОТИ ТИЗИМИДА РАҚАМЛИ ПОДСТАНЦИЯЛАРДАН ФОЙДАЛАНИШ МАСАЛАЛАРИ. *Eurasian Journal of Social Sciences, Philosophy and Culture*, 4(9), 71-75.

24. Abdullayevich, K. N. (2024). НОРМАТИВНЫЕ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ 10, 6 и 0, 4 кВ. *THE THEORY OF RECENT SCIENTIFIC RESEARCH IN THE FIELD OF PEDAGOGY*, 2(21), 55-60.

25. Abdullayevich, Q. N., & Ikrom o'g, T. A. A. (2023). Efficiency OF Use OF Frequency Converter with Smooth Control OF Asynchronous Motor Speed. *Galaxy International Interdisciplinary Research Journal*, 11(5), 448-449.

26. Abdullayevich, K. N., O'G'Li, M. F. A., O'G'Li, E. J. O., & O'G'Li, P. A. B. (2024). MARKOV ZANJIRI USULI VA O 'LCHANGAN SHAMOL TEZLIKLARIDAN FOYDALANGAN HOLDA YANGI SHAMOL TEZLIKLARINI BASHORAT QILISH. *Eurasian Journal of Academic Research*, 4(11-2), 7-12.

27. Abdullayevich, K. N., Akrom o'g, N. M. B., & Olimjon o'g'li, E. J. (2024). Functions of facts devices with innovation technology in the electrical energy system. *Journal of Engineering Sciences*, 7(5), 12-16.

28. Abdullayevich, K. N., & Abdullayevna, X. X. (2024). EFFECTIVENESS OF USING A FREQUENCY CONVERTER WITH SMOOTH SPEED CONTROL OF AN INDUCTION MOTOR. *Новости образования: исследование в XXI веке*, 3(27), 151-154.

29. Abdullayevich, K. N. Shuhrat o'g'li, OS, & Olimjon o'g'li, EJ (2024). *STRUCTURE OF LOW VOLTAGE ELECTRICAL NETWORKS. AMERICAN JOURNAL OF MULTIDISCIPLINARY BULLETIN*, 2(5), 112-119.

30. Abdullayevich K. N., Tulqin o'g'li X. M., Mansur o'g'li C. D. УМЕНЬШЕНИЕ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ЗА СЧЕТ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ СЕЧЕНИЙ ЛИНИЙ //IMRAS. – 2025. – Т. 8. – №. 3. – С. 35-43.

31. Shouket, H. A., Ameen, I., Tursunov, O., Kholikova, K., Pirimov, O., & Kurbonov, N. & Mukimov, B.(2020, December). Study on industrial applications of papain: A succinct review. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 614, No. 1, p. 012171).

32. Abdullayevich K. N. et al. ВОПРОСЫ ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ АФГАНИСТАНА, УЗБЕКИСТАНА И ТАДЖИКИСТАНА С УЧЕТОМ НОВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА //Eurasian Journal of Academic Research. – 2024. – Т. 4. – №. 6-2. – С. 19-23.

33. Abdullayevich Q. N. CONDUCTING LABORATORY CLASSES ON ELECTRICAL CIRCUITS. *Finland International Scientific Journal of Education //Social Science & Humanities*. – 2023. – Т. 11. – №. 1. – С. 1095-1098.

34. Abdullayevich K. N., Mansur o'g'li C. D. МЕТОДЫ И МЕРЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ В СИСТЕМЕ НАРУЖНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ГОРОДА //INNOVATIVE DEVELOPMENTS AND RESEARCH IN EDUCATION. – 2025.

35. Abdullayevich K. N., Shuhrat o'g'li O. S., Olimjon o'g'li E. J. STRUCTURE OF LOW VOLTAGE ELECTRICAL NETWORKS //AMERICAN JOURNAL OF MULTIDISCIPLINARY BULLETIN. – 2024. – Т. 2. – №. 5. – С. 112-119.

36. Fayziyev, M., Tuychiev, F., Mustayev, R., & Ochilov, Y. (2023). Development and research of non-contact starting devices for electric consumers and motors. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 384, p. 01038). EDP Sciences.

37. Fayziyev, M., Ochilov, Y., Nimatov, K., & Mustayev, R. (2023). Analysis of payment priority for electricity consumed in industrial enterprises on the base of classified tariffs. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 384, p. 01039). EDP Sciences.

38. Mirzanovich, B. T., & Bakhriddinovich, N. K. (2022). Investigating Insects with Light Diode Lights for Fish Food. *The Peerian Journal*, 6, 75-80.

39. Tashatov, A. K., Beytullayeva, R. X., Ungbayevich, T. T., Pardayevich, U. A., & Yunus, O. (2020, September). Comparison of parameters of heteroepitaxial structures. In *IOP Conference Series. Materials Science and Engineering* (Vol. 919, No. 2). IOP Publishing.

40. Makhmutkhanov, S., Ochilov, Y., Nurov, H., & Kurbonazarov, S. (2024, June). Increasing the environmental cleanness of industrial enterprises. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 3152, No. 1). AIP Publishing.

41. Бобожанов, М. К., Эшмуродов, З. О., & Очилов, Ю. О. (2023). Қайта тикланадиган энергия манбаларидан фойдаланган ҳолда, дифференциаллашган тарифларга уланган истеъмолчилар самарадорлигини оширишни тадқиқ қилиш. *Journal of Advances in Engineering Technology*, (4), 55-59.

42. Бейтуллаева, Р. Х., Очилов, Ю. О., Курбонов, Н. А., & Мухаммадиев, Ш. М. (2020). ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА КАЧЕСТВО НАПРЯЖЕНИЯ В КАБЕЛЬНЫХ СЕТЯХ 6-10 КВ. *ББК 72 П115*, 17.

43. Бейтуллаева, Р. Х., Тошев, Т. У., & Бобоназаров, Б. С. (2019). ТРЕБОВАНИЯ НАДЁЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ. In *Colloquium-journal* (No. 9-2, pp. 29-29). Голопристанський міськрайонний центр зайнятості= Голопристанский районный центр занятости.

44. Очиллов, Ю. О., & Бегимкулов, С. А. (2025). МУҚОБИЛ ЭНЕРГИЯ МАНБАЛАРИ ВА ДИФФЕРЕНЦИАЛЛАШГАН ТАРИФЛАР ОРҚАЛИ ЭЛЕКТР ТАЪМИНОТИ ТИЗИМИНИНГ САМАРАДОРЛИГИНИ ОШИРИШ. *Ilm fan taraqqiyotida raqamli iqtisodiyot va zamonaviy ta'limning o'rni hamda rivojlanish omillari*, 6(1), 56-63.

45. Fayziyev, M., Bobojanov, M., & Ochilov, Y. (2022). ELEKTR ENERGIYA UCHUN TO'LOVLARNI TABAQALASHTIRILGAN TARIFLAR ASOSIDA TO'LASH SAMARADORLIGINING TAHLILI. *Innovatsion texnologiyalar*, 47, 7-10.

46. Ochilov, Y. O., & Saparov, A. X. (2025). SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN INDUSTRY AND ENERGY: ANALYSIS OF GREEN SOLUTIONS AND CALCULATION METHODS.

47. Ochilov, Y. (2022). IMPROVING THE OPERATIONAL EFFICIENCY OF OIL WELLS BY ELECTRICAL PROCESSING BOTTOM-HOLE ZONE. *Science and innovation*, 1(A7), 384-389.

48. Shevelyov, A. A., Ashurov, F. R., Kantarbayev, S. U., Xo'janazarov, S. A., & Ochilov, Y. O. (2025). TECHNOLOGICAL BREAKTHROUGH IN THE FIELD OF UNMANNED SYSTEMS: CREATION OF HIGHLY MANEUVERABLE DRONES. *FARS International Journal of Education, Social Science & Humanities.*, 13(6), 254-261.

49. Bobojanov, M., & Ochilov, Y. (2023). A COMPLETE ANALYSIS OF THE MODULE PROGRAM TO ASSESS THE REDUCTION OF ELECTRICITY EMISSIONS IN DISTRIBUTION TRANSFORMERS WITH EXTENSIVE USE OF THE DIFFERENTIAL TARIFF SYSTEM. *Theoretical Aspects in the Formation of Pedagogical Sciences*, 2(18), 152-157.

50. Очиллов, Ю. О., & Бобожанов, М. К. (2023). Analysis of Opportunities to Reduce Energy Waste in Distribution Transformers By Applying Time-Differentiated Tariffs. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*, 10(10), 21118-21123.

51. Файзиев, М. М., Бободжанов, М. К., & Очиллов, Ю. О. (2022). конференция «ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ» «Анализ эффективности оплаты за электроэнергию на основе дифференцированных тарифов» Карши/ «. *Инновационные технологии*»/стр, 7-10.

52. Бободжанов, М. К., & Очиллов, Ю. О. (2022). конференция «Проблемы энергосбережения и ресурсосбережения» «Применение дифференцированных тарифов на электроэнергию для жилых домов населения» Ташкент.

53. Niyozov, N., Rafikova, G., Ochilov, Y., & Tadjibaeva, D. (2025, November). AI and machine learning applications in energy efficiency. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 3331, No. 1, p. 080004). AIP Publishing LLC.

54. Ochilov, Y. O., Shevelyov, A. A., Ashurov, F. R., Kantarbayev, S. U., & Xo‘janazarov, S. A. (2025). TECHNOLOGICAL BREAKTHROUGH IN THE FIELD OF UNMANNED SYSTEMS: CREATION OF HIGHLY MANEUVERABLE DRONES.

55. Ochilov, Y. O. (2025). MAISHIY ISTE‘MOLCHILARDA ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISHGA QARATILGAN DIFFERENSIAL TARIFLASH METODIKASINI ISHLAB CHIQUISH VA ILMIY ASOSLASH.

56. Ochilov, Y. O. (2025). MODELING OF HOUSEHOLD ENERGY CONSUMPTION AND DATABASE DEVELOPMENT IN TECHNOLOGICAL PROCESSES: AN ANALYTICAL APPROACH BASED ON THE LEAST SQUARES METHOD.

57. Ochilov, Y. O. (2025). МУҚОБИЛ ЭНЕРГИЯ МАНБАЛАРИ ВА ВАҚТГА БОҒЛИҚ ТАРИФЛАР АСОСИДА ЭЛЕКТР ТАЪМИНОТИ ТИЗИМИНИНГ МОДЕЛЛАШТИРИШ ВА ОПТИМАЛЛАШУВИ.

58. Ochilov, Y. O., Popkova, O. S., & Bobojanov, M. K. (2025). ASSESSMENT OF HOUSEHOLD CONSUMERS CONSUMPTION INDICATORS USING THE LEAST SQUARES METHOD.

59. Ochilov, Y., Bobojanov, M. K., Saparov, A. X., & Imomov, D. D. (2025). MAISHIY ISTE‘MOLCHILARNI DIFFERENSIALLASHGAN TARIFLAR TIZIMIGA O‘TKAZISH ORQALI ENERGETIK SAMARADORLIKNI OSHIRISH METODIKASI: NAZARIYA VA ILMIY TAHLIL.

60. Ochil o'g'li, OY, & Xurshid o'g'li, NX (2026). ELEKTR YUKLAMA GRAFIKLARI VA ISTE'MOLCHI FAOLIYATINI HISOBGA OLGAN HOLDA ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISH UCHUN DIFFERENSIAL TARIFLARNI QO'LLASH IMKONIYATLARI. *Nauchnyy Impuls*, 4 (41), 106-111.

61. ОЧИЛОВ, Ю. О., & Ганибоев, Р. Ж. (2026). АХОЛИ ЭНЕРГИЯ ИСТЕЪМОЛЧИЛАРНИНГ ТАРИФЛАШ ТИЗИМИНИ МУҚОБИЛ ЭНЕРГИЯ МАНБАЛАРИ ВА ВАҚТГА БОҒЛИҚ ТАРИФЛАР АСОСИДА ТАHLIL QILISH. *Научный Импульс*, 4(41), 99-105