

# Применение Энергосберегающих Технологий В Системе Тягового Электроснабжения

*Ш. Бегмуратова<sup>1</sup>*

**Аннотация:** В данной работе приведены методы организации АСКУЭ в системе тягового электроснабжения электрифицированного железнодорожного транспорта.

**Ключевые слова:** Электрифицированный железнодорожный транспорт, система тягового электроснабжения, система АСКУЭ, учет электроэнергии, эффективность, энергосбережение, организация АСКУЭ.

На сегодняшний день железнодорожный транспорт является одной из наиболее энергоемких отраслей экономики Узбекистана. Поэтому цена вопроса энергосбережения очень высока, с учетом постоянного роста полигона электрифицированных линий и роста цен на электроэнергию.

В связи с этим на первое место выходит вопрос внедрения новых технологий:

во-первых, это технологии совершенствования электротяговых систем, позволяющих обеспечить и требуемую грузонапряженность, и скоростное движение, и снижение энергопотребления в эксплуатации;

во-вторых, это реализация управляемого электропотребления, которое непосредственно связано с созданием автоматизированных коммерческих систем учета и энергооптимального процесса перевозок.

Существенную роль в энергосберегающих технологиях играют режимы работы систем электрической тяги и внешнего электроснабжения, перетоки мощности и качество электроэнергии, оптимизация мощностного ряда тяговых подстанций.

Эффективным средством снижения оплаты за электроэнергию является высокотехнологичный коммерческий учет электроэнергии на базе современных высокоточных электронных счетчиков, а также серверов и преобразующих модемов. Это позволит создать современную 4-х уровневую систему автоматического учета электроэнергии [1].

В целом система коммерческого учета позволяет увидеть реальное потребление электрической энергии на всех участках деятельности железнодорожного транспорта.

Таким образом, управляя этим процессом, можно не только существенно снизить стоимость покупаемой электроэнергии, но и обеспечить уменьшение потребления как в эксплуатационной деятельности, так и в тяговом электроснабжении [2].

Для решения вопроса оперативного мониторинга распределения электроэнергии в системе тягового электроснабжения требуется совместно с коммерческим учетом электроэнергии осуществлять технический учет, а именно - контроль расхода по фидерам контактной сети (ФКС). Такая автоматизированная система учета электроэнергии на фидерах контактной сети (АСУЭФКС) позволит не только определять объем потерь и величину небаланса, но и выявлять перетоки мощности между подстанциями, вызывающие дополнительные потери [3-5].

<sup>1</sup> Студент, Нукусский горный институт при Нового государственного горно-технологического университета, Узбекистан, Нукус.



В настоящее время при анализе режимов работы систем тягового электроснабжения используются аналитические и вероятностно-статистические подходы. Методология, теоретическое наполнение и информационно - технологическое сопровождение функционирования автоматизированных систем управления потреблением электроэнергии в объемах тягового электропотребления строятся только на базе информации, получаемой из АСКУЭ [7, 9, 12].

Развитие систем учета электроэнергии на фидерах контактной сети позволит оперативно анализировать режимы работы системы тягового электроснабжения как единого целого, сравнивать текущие показатели на смежных подстанциях, что даст возможность анализировать электрические параметры сетей.

Сеть многофункциональных счетчиков электроэнергии, синхронизированных между собой, расположенных в различных узлах энергосистемы, позволит в режиме реального времени предоставлять информацию о текущем состоянии, как отдельных объектов, так и всей энергосистемы в целом. Предложенная методика может использоваться как для определения параметров электрических режимов, так и для параметров схем замещения тяговой сети [4-8].

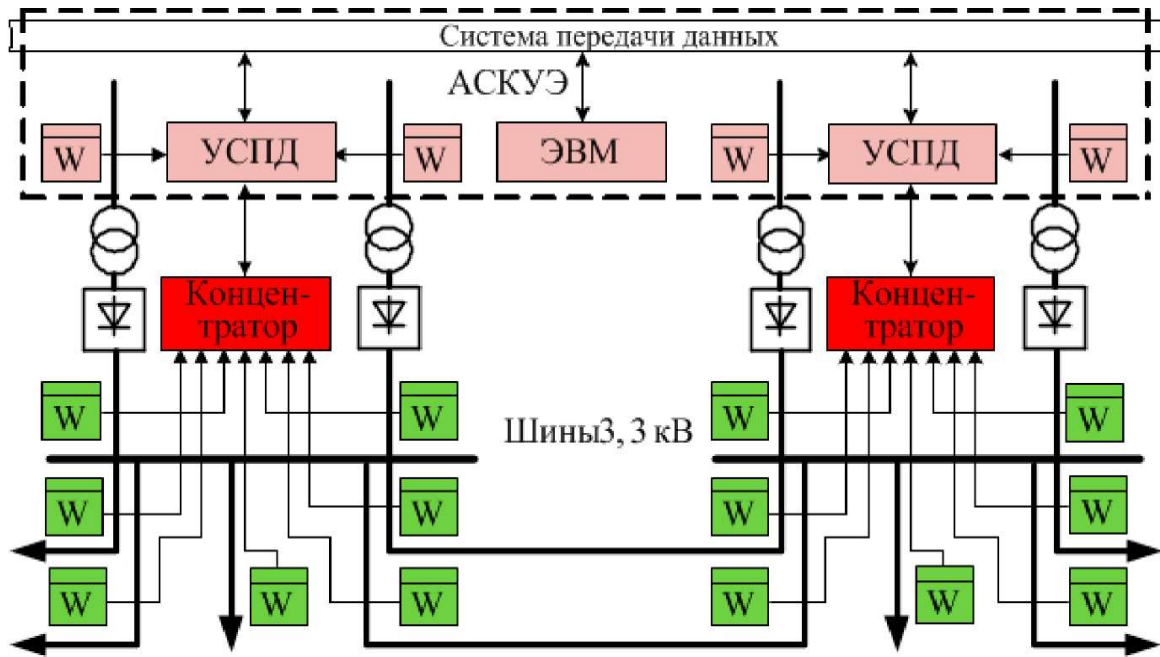
Задача получения синхронизированных измерений, которая возникает для распределенных объектов электроэнергетики, может решаться с помощью штатной системы синхронизации, существующей в системе передачи данных АО «ЎТЙ». Эта система обеспечивает точность синхронизации до 0,1 с. Глобальные системы ГЛОНАСС и GPS дают возможность повысить точность синхронизации на несколько порядков.

Функциональная схема системы учета электроэнергии на фидерах контактной сети представлена на рисунке 1. Предлагается вести оперативный учет как на выводах выпрямительных (выпрямительно-инверторных) преобразователей, так и на каждом фидере контактной сети [5, 8, 10].

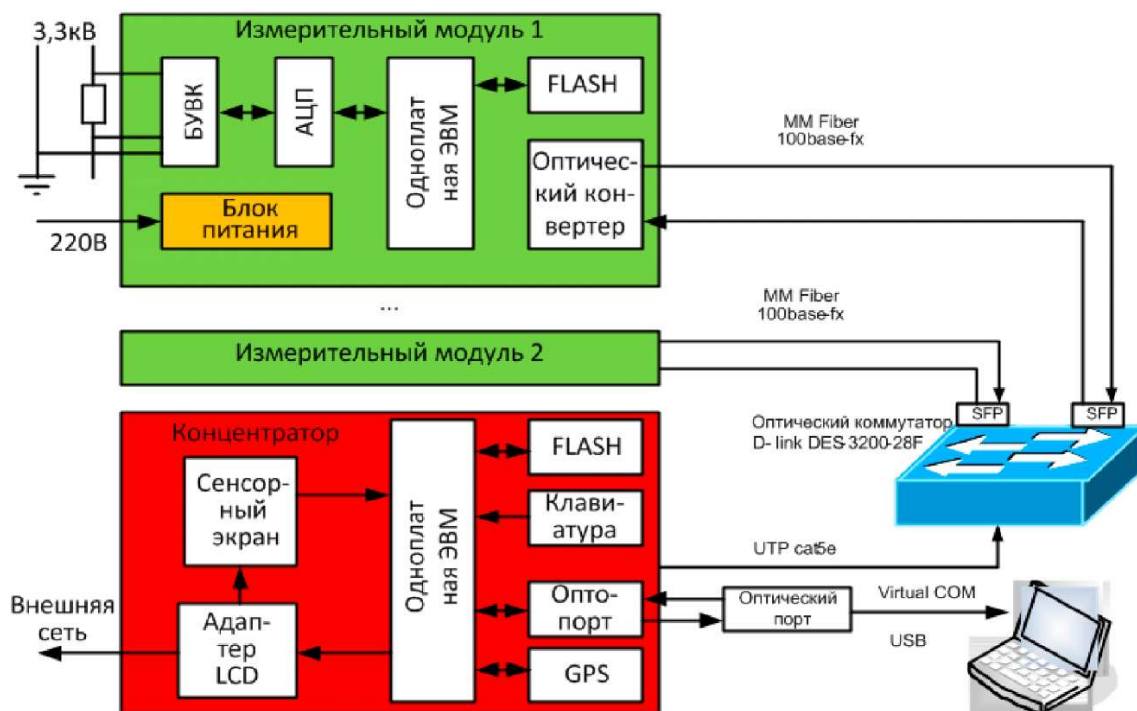
Данные с каждого счетчика передаются на концентраторы, которые хранят информацию за заданный период, создают архивы, передают информацию на верхний уровень информационной системы.

Для реализации системы учета электроэнергии концентраторы подключаются к устройствам сбора и передачи данных (УСПД), к которым уже подключены счетчики переменного тока системы АСКУЭ. Использование подсистем АСКУЭ позволит синхронно определять расход электроэнергии, как принятой от системы внешнего электроснабжения, так и отданной в нагрузку. Такой подход дает возможность определять небаланс электроэнергии по каждой подстанции и корректировать уровень небаланса в контактной сети [7, 11, 15].





**Рисунок 1. Функциональная схема системы учета электроэнергии на фидерах контактной сети**



**Структурная схема системы учета электроэнергии на фидерах контактной сети (ФКС) представлена на рисунке 2.**

**Рисунок 2. Структурная схема системы учета электроэнергии на фидерах контактной сети**

Структурная схема построена по принципу распределённой вычислительной системы, что определяется двумя независимыми условиями. Первое условие состоит в гальванической изоляции цепей ввода аналогового сигнала от цепей вывода обработанных данных с высокими требованиями к величине пробивного напряжения. Второе условие состоит в том, что по мере обработки данных, изменяются методы этой обработки, т.е. при вводе аналоговых сигналов формируется непрерывный поток преобразованных в цифровой вид данных с равномерной дискретизацией, однако, после получения основных вычисляемых значений



появляется задача архивирования, управления протоколами передачи данных и управления всей системой в целом. Поэтому система учета электроэнергии разделена на две части [17-19].

Измерительный блок состоит из трех частей: аналого-цифрового преобразователя (АЦП), блока обработки и оптического интерфейса. АЦП преобразует сигналы, пропорциональные напряжению и току в цифровые отсчеты. В нем предусмотрена температурная компенсация погрешности, а также периодическая коррекция аддитивной погрешности. АЦП соединен с блоком обработки по интерфейсу SPI. Измерительный блок осуществляет измерение сигналов тока и напряжения, вычисляет активную мощность на основе мгновенных значений сигналов тока и напряжения, вычисляет действующие значения тока и напряжения, графики нагрузки. Период вывода данных составляет 5 с, что облегчает дальнейший подсчет потребленной энергии.

Блок обработки реализован на одноплатном компьютере «Тион-про-28», который обеспечивает максимально обработку, эффективное распределение, архивирование данных, управление прибором в целом и поддержку протоколов обмена по цифровым интерфейсам. Этот микрокомпьютер является высоко интегрированным устройством и имеет в своём составе почти все необходимые порты для реализации интерфейсов связи.

Передача данных в концентратор осуществляется с помощью волоконно-оптической линии связи. Волоконно-оптический интерфейс построен на основе оптического приёмопередатчика Netlink НТВ-1100 и оптического коммутатора D-link DES-3200-28F. Передача информации осуществляется с помощью интерфейса Ethernet, что обеспечивает высокую скорость передачи данных. Оптический коммутатор позволяет подключить к концентратору до 24 измерительных блоков.

Концентратор предназначен для сбора данных от измерительных блоков, архивирования, построения графиков потребления, дополнительной обработки информации, подсчета расхода электроэнергии по всей подстанции. Отображение текущих значений и местное управление осуществляется с помощью сенсорного экрана. Оптический порт является технологическим и предназначен для загрузки, отладки и конфигурирования программы в микроконтроллере.

Связь АСУЭФКС через существующий УСПД с подсистемой верхнего уровня осуществляется через интерфейс RS-485 по протоколу Modbus RTU. Программное обеспечение верхнего уровня, необходимое для работы системы, устанавливается на те же серверы, что и применяемые в АСКУЭ. Структура аппаратных средств АСУЭФКС приведена в работе опубликованной в журнале «Экологические системы» [16].

Установка приборов учета электроэнергии на электроподвижном составе, аналогичных по своим метрологическим характеристикам (классу точности, минимальному интервалу снятия показаний и др.) измерительным приборам, устанавливаемым на фидерах контактной сети, а также обеспечение возможности мониторинга в режиме реального времени местоположения электроподвижного состава, позволит [18]:

- 1) определить уровень расхода, удельного расхода и небаланса электроэнергии на тягу поездов:
  - в границах межподстанционных зон;
  - в границах участков обслуживания локомотивных бригад;
  - на участках заездов локомотивных бригад смежных железных дорог;
  - в границах тарифных зон.

Наличие базы данных об электропотреблении на указанных участках в совокупности с информацией об ограничениях скорости движения поездов, предоставлении «окон», участках применения рекуперативного торможения и других факторах, влияющих на организацию движения поездов позволит разрабатывать адресные меры по улучшению основных



показателей эффективности использования электроподвижного состава и снижению удельного расхода электроэнергии на тягу поездов по счетчикам тяговых подстанций, что в свою очередь приведет к снижению себестоимости перевозочного процесса.

- 2) определить потребление активной и реактивной электроэнергии, потерь электроэнергии в тяговой сети, величины и длительности режимов рекуперации на участках переменного тока, что в свою очередь позволит:
  - обеспечить контроль качества ведения поезда локомотивной бригадой за счет контроля потребляемой и рекуперированной электроэнергии на участках
  - переменного тока;
  - определить нормативы расхода электроэнергии на ведение поезда по маршруту со сложным профилем пути.
- 3) оценить уровень потерь электроэнергии в тяговой сети при различных схемах подключения тяговых подстанций (схемы подключения двухстороннего и одностороннего питания контактной сети), что в свою очередь позволит выделить величины уравнивающих токов (неравенство напряжений на шинах подстанций, транзит мощности через контактную сеть) при разных схемах подключения тяговых подстанций и тем самым определить направления борьбы с ними.
- 4) получение указанных данных позволит оперативно принимать решения о необходимости ремонта участков тяговой сети, усиления элементов контактной сети и разработать инструкции машинистам локомотивов, направленные на повышение эффективности использования электроэнергии на тягу поездов.

Целью организации учета электроэнергии на фидерах контактной сети тяговых подстанций является накопление базы данных об электропотреблении на тягу поездов для разработки организационно-технических мероприятий по снижению удельного расхода электроэнергии на тягу поездов, а также уточнения структуры и снижения уровня небаланса электроэнергии на тягу поездов, принятой по счетчикам тяговых подстанций и потребленной по счетчикам электроподвижного состава.

**Выводы.** Установлено, что превышение значения небаланса электроэнергии на тягу поездов над технологическими потерями расходуется на тягу поездов бесконтрольно, а, следовательно, нерационально, обеспечение контроля этого расхода электроэнергии позволит снизить расход электроэнергии на тягу поездов по счетчикам тяговых подстанций.

Показано, что одновременная реализация проектов АСУЭ ФКС и АСУЭ ЭПС позволит определить и далее исключить из структуры небаланса электроэнергии на тягу поездов долю коммерческой составляющей потерь электроэнергии, обусловленных погрешностью учета, приема и распределения электроэнергии на шинах 27,5 кВ.

### Использованная литература

1. Siddikov, I., Sattarov, K., Abubakirov, A. B., Anarbaev, M., Khonturaev, I., & Maxsudov, M. (2019, September). Research of transforming circuits of electromagnets sensor with distributed parameters. In 10 th International Symposium on intelligent Manufacturing and Service Systems (pp. 9-11).
2. Siddikov, I. K., Anarbaev, M. A., Abdumalikov, A. A., Abubakirov, A. B., Maxsudov, M. T., & Xonturaev, I. M. (2019, November). Modelling of transducers of nonsymmetrical signals of electrical nets. In 2019 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT) (pp. 1-6). IEEE.
3. Abubakirov, A. B. (2018). Research of the electromagnetic transducers for control of current of three phases nets. *European science review*, (5-6), 267-271.





4. Абубакиров, А. Б., Гаипов, И. К., Ешмуратов, Н. К., & Лежнина, Ю. А. (2022). Графовая модель учета асимметричных значений и параметров электрических сетей.
5. Abubakirov, A. B., Yo'ldashev, A. A., Baymurov, I. Q., Sharipov, M. T., & Utemisov, A. D. (2020). Study of conversion circuits and design of the electromagnetic primary current and voltage transducer of monitoring and control systems. *EPRA International Journal of Research and Development*, 5, 214-218.
6. Ilkhomjon, S., Azizjan, A., Azimjon, Y., Gulziba, B., Xonturaev, I. M., & Mirzoev, N. N. (2018). Methodology of calculation of techno-economic indices of application of sources of reactive power. *European science review*, (1-2), 248-251.
7. Siddikov, I. X., Abubakirov, A. B., Allanazarova, A. J., Tanatarov, R. M., & Kumatova, S. B. (2020). Modeling the secondary strengthening process and the sensor of multiphase primary currents of reactive power of renewable electro energy supply. *Solid State Technology*, 63(6), 13143-13148.
8. Abubakirov, A. B., Tanatarov, R. J., Kurbaniyazov, T. U., & Kumatova, S. B. (2021). Application of automatic control and electricity measurement system in traction power supply system. *ACADEMICIA: An International Multidisciplinary Research Journal*, 11(3), 180-186.
9. Djalilov, A., Matchonov, O., Abubakirov, A., Abdunabiev, J., & Saidov, A. (2021, October). System for measuring and analysis of vibration in electric motors of irrigation facilities. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 868, No. 1, p. 012032). IOP Publishing.
10. Bazarbayevich, A. A., Urunbayevich, K. T., & Pirnazarovich, N. M. (2022). Reactive power and voltage parameters control in network system. *INNOVATIVE ACHIEVEMENTS IN SCIENCE 2022*, 2(13), 16-20.
11. Abubakirov, A. B., Najmatdinov, Q. M., Kurbaniyazov, T. U., & Kumatova, S. B. (2021). Sensor characteristics monitoring and control of single and three-phase currents in electric networks. *ACADEMICIA: An International Multidisciplinary Research Journal*, 11(3), 2282-2287.
12. Курбаниязов, Т. У. (2023). Модель многофазного датчика преобразования первичного тока во вторичное напряжение в системах электроснабжения. *Scientific aspects and trends in the field of scientific research*, 1(9), 139-142.
13. Lezhnina, Y., Abubakirov, A., Gaipov, I., & Eshmuratov, N. (2023). Monitoring of asymmetric values and parameters of electric networks. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 371, p. 03068). EDP Sciences.
14. Siddikov, L., Abubakirov, A., Seytimbetov, R., Kumatova, S., & Lezhnina, Y. (2021). Analysis of current conversion primary sensors dynamic characteristics of a reactive power source with renewable energy sources into secondary voltage. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 281, p. 09028). EDP Sciences.
15. Siddikov, I. K., Abubakirov, A. B., Najmatdinov, Q. M., Bekimbetov, M. N., & Lezhnina, Y. A. (2023, July). Monitoring and control of single-phase and three-phase electric current of renewable power sources. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2526, No. 1). AIP Publishing.
16. Abubakirov A. B., Begmurov S., Muxammeddinova U. Principles of Construction of Electromagnetic Converters of Primary Current and Secondary Voltage // *Excellencia: International Multi-disciplinary Journal of Education* (2994-9521). – 2024. – Т. 2. – №. 5. – С. 759-763.
17. Abubakirov A. B. et al. ASINXRON MOTOR BIRLAMCHI TOKLARINING KUCHLANISHGA O 'ZGARTKICHINI TUZILISH MODELLARI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.11275667> // *International scientific and practical conference*. – 2024. – Т. 1. – №. 2. – С. 273-276.
18. Abubakirov A. B. et al. FUNKSIONAL IMKONIYATI KENGAYTIRILGAN ELEKTROMAGNIT TOK O 'ZGARTGICHLARI STATIK TAVSIFLARINING



XUSUSIYATLARI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.11274566> //International scientific and practical conference. – 2024. – T. 1. – №. 2. – C. 256-259.

19. Abubakirov A., Kurbaniyazov T., Bekimbetov M. Analysis of three-phase asymmetrical currents in the secondary voltage of signal change sensors in the power supply system using graph models //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2024. – T. 525. – C. 03013.

