

Научная статья / Research Article
УДК 621.311

А.С. Дебрин¹, А. В. Заплетина², Т.А. Дебрина³

^{1,2} Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

³ Красноярский государственный аграрный университет, Ачинский филиал, Красноярский край, Ачинск, Россия

¹debrin.as@yandex.ru

ЛОКАЛИЗАЦИИ КОММЕРЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В СЕТЯХ 10–0,4 кВ НА ПРИМЕРЕ ЕНИСЕЙСКОГО РЭС, Ф 51-05 п. СТРЕЛКА ЕНИСЕЙСКОГО РАЙОНА

Аннотация. В статье рассмотрены методы и способы локализации коммерческих потерь в сетях 10–0,4 кВ на примере Енисейского РЭС, Ф 51-05 п. Стрелка Енисейского района. В ходе исследования решены следующие задачи: анализ существующей системы сбора показаний приборов учета и системы автоматизированного учета электроэнергии потребителей; анализ структуры потерь на линии электропередач 10 кВ фидера 51-05 п. Стрелка Енисейского района; проведена оценка внедрения АИИС КУЭ «Меркурий» для производственных и бытовых потребителей, подключенных к линии электропередач 10 кВ фидера 51-05

Ключевые слова: электроснабжение, АСКУЭ, АИИСКУЭ, система учета, электричество, технологии, «Меркурий», «энергомера», «Пума»

Andrey Debrin¹, Anna Zapletina¹, Tina Debrina²

¹Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

²Achinsk branch. Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk Region, Achinsk, Russia

¹debrin.as@yandex.ru

LOCALIZATION OF COMMERCIAL LOSSES IN 10-0.4 kV NETWORKS ON THE EXAMPLE OF THE YENISEYSKY DISTRIBUTION ZONE, F 51-05, STRELKA SETTLEMENT, YENISEYSKY DISTRICT

Annotation. The paper considers methods and methods for localizing commercial losses in 10–0.4 kV networks using the example of the Yenisei distribution zone, F 51-05 p. The arrow of the Yenisei district. The work carried out and performed: analysis of the existing system for collecting meter readings and automated metering of consumers' electricity; analysis of the loss structure on the 10 kV power line of the 51-05 p feeder. Strelka of the Yenisei district; an assessment of the implementation of the Mercury AIS for industrial and household consumers connected to the 10 kV feeder 51-05 power line has been carried out.

Keywords: power supply, ASKUE, AIISKUE, metering system, electricity, technologies, Mercury, energomera, Puma

Введение. В современном мире технологии играют ключевую роль в развитии различных отраслей экономики. Одной из таких технологий является автоматизированная информационно-измерительная система коммерческого учета электроэнергии (АИИСКУЭ). Она представляет собой комплекс технических средств, программного обеспечения и организационных мероприятий, направленных на повышение точности и достоверности учета электроэнергии.

Актуальность темы исследования обусловлена необходимостью внедрения систем АИИСКУЭ в условиях растущего потребления электроэнергии и повышения требований к ее учету. Внедрение таких систем позволяет не только обеспечить точный учет электроэнергии, но и оптимизировать ее потребление, снизить потери и повысить эффективность работы энергосистемы.

Цель исследования – проанализировать методы и способы локализации коммерческих потерь в сетях 10–0,4 кВ на примере Енисейского РЭС, Ф 51-05 п. Стрелка Енисейского района.

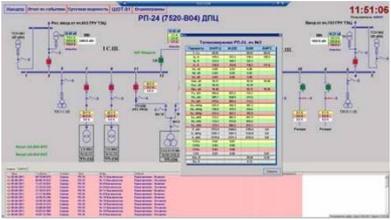
Результаты и их обсуждение. Основные компоненты АИИСКУЭ включают в себя основные компоненты, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Перечень необходимого оборудования для создания АИИСКУЭ

Оборудование	Изображение оборудования	Характеристика оборудования [4, 5]
1	2	3
Счетчик электроэнергии		Счетчики «Меркурий» 230 ART-00 C(R)N предназначены для однонаправленного многотарифного учета активной и реактивной электрической энергии и мощности, а также измерения параметров электрической сети в трехфазных трех- или четырехпроводных сетях переменного тока с последующим хранением накопленной информации, формированием событий и передачей информации в центры сбора данных систем АСКУЭ
Устройство сбора и передачи данных		УСПД предназначено для сбора и хранения информации, поступающей от счетчиков электроэнергии, с последующей передачей ее по цифровым линиям связи (RS485, RS232, USB, GSM, GPRS) в систему верхнего уровня, например АИИСКУЭ

Окончание табл. 1

Коммуникационный шлюз		<p>GSM-шлюз «Меркурий» 228 предназначен для организации удаленного доступа к устройству или группе устройств, оснащенных последовательными интерфейсами RS-485. Шлюз включается в сеть RS-485 и обеспечивает дистанционный доступ к каждому прибору данной сети по каналу GSM. При этом устройства могут различаться по типам, протоколам и параметрам связи</p>
Программное обеспечение (коммуникационный сервер)		<p>«Меркурий-Энергоучет» (SCADA; En Logic) применяется для создания проектов автоматизированного учета энергоресурсов. Программный комплекс оптимизирован для построения систем с большим числом точек учета (десятки и сотни тысяч). Содержит большое число специализированных форм отображения и анализа собранной информации в графическом и табличном виде</p>

Внедрение АИИСКУЭ рассмотрим на примере п. Стрелка на Фидере 51-05 (рис. 1, 2). Стрелка – городской поселок в Красноярском крае России. Входит в городской округ город Лесосибирск. В 2020 г. на заседании Совета по развитию местного самоуправления был одобрен комплексный проект развития Лесосибирска, в частности поселка Стрелка. Основной целью станет проект модернизации и расширения Енисейской сплавной конторы – крупнейшего предприятия на территории поселка. Результатом проекта станет создание 80 новых рабочих мест и увеличение объема сплавной продукции на 45 %. Для улучшения местной инфраструктуры будут проведены капитальный ремонт объездной дороги и строительство нового дома культуры на 200 мест.

Характеристика ВЛ ф. 51-05 п. Стрелка

- Диспетчерское наименование: ВЛ 6кВ ф. 51-05 п. Стрелка.
- Год постройки: 1989.
- Дата ввода в эксплуатацию: 01.01.1989.
- Индекс технического состояния: 87.

Основные данные ЛЭП

- Длина линии по трассе: 7,667 км.
- Всего опор: 127 шт.
- В т. ч.:
- промежуточные – 105 шт.;

– угловые – 1 шт.;

– анкерная 21 шт.

Количество цепей: 1.

Количество проводов в фазе: 1.

Марка проводов: А 70, АП 70, А 50, АП 50, АС 50/8,0, СИП-3 1x70, СИП-3 1x50;

Длина провода: А 70 – 10089 м, АП 70 – 21 м, А 50 – 9684 м, АП 50 – 276 м, АС 50/8,0 – 1842 м, СИП-3 1x70 – 1695 м, СИП-3 1x50 – 45 м.

Район климатических условий – II / II.

Внедрение АИИСКУЭ на фидер 51-05 может быть обосновано повышением эффективности энергопотребления. Система позволяет отслеживать и анализировать потребление электроэнергии в реальном времени, что помогает выявить неэффективные процессы и оптимизировать энергопотребление. Это может привести к снижению затрат на электроэнергию и повышению энергоэффективности предприятия.

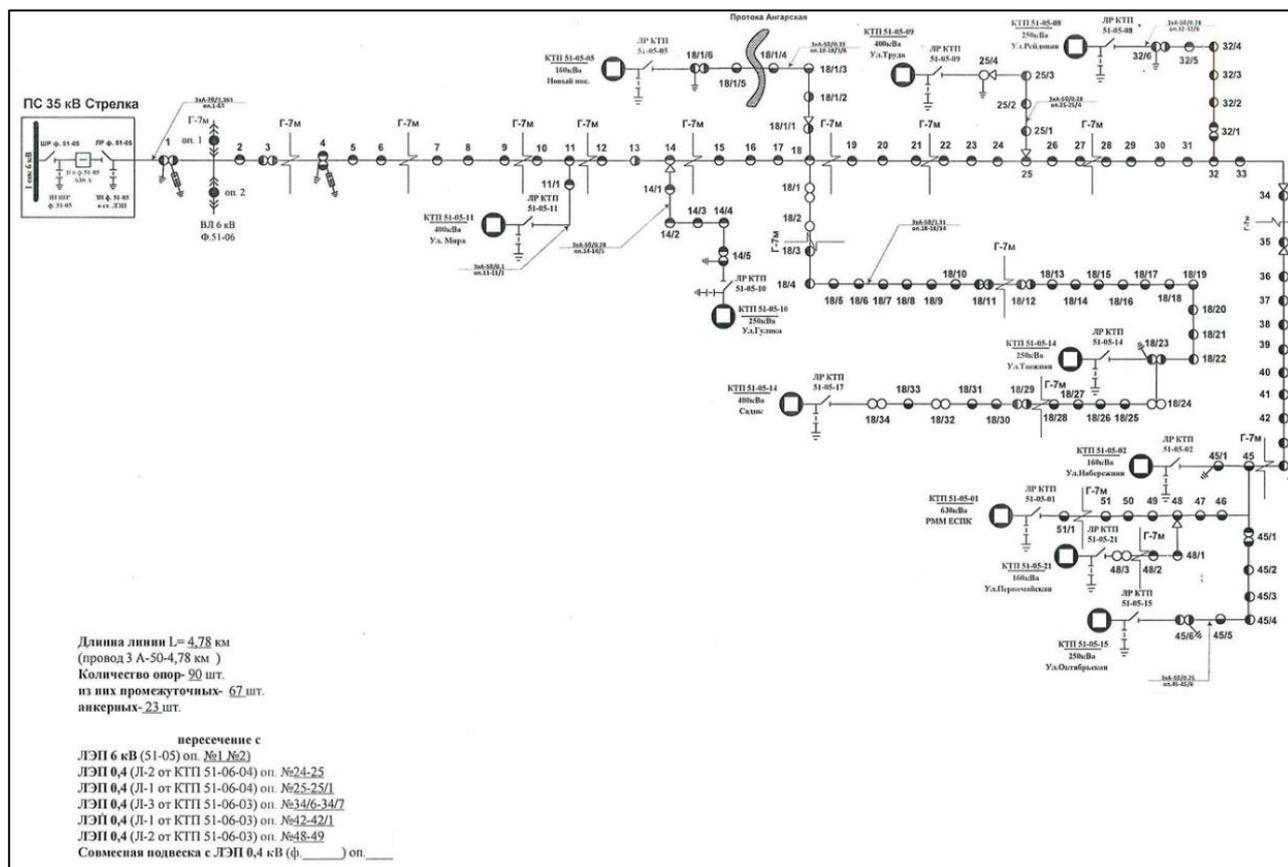


Рис. 1. Поопорная схема ВЛ 10 кВ Ф 51-05

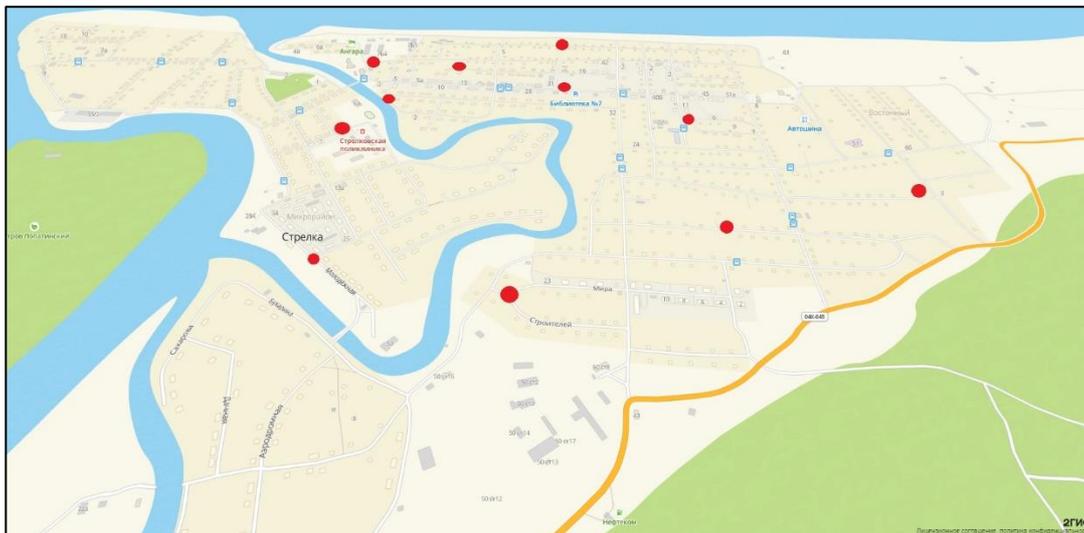


Рис. 2. Расположение КТП Φ 51-05

Для проведения расчетов определим активные и реактивные сопротивления, поперечные емкостные проводимости и зарядные мощности всех участков линий, входящих в рассматриваемую сеть. Активные R и реактивные X сопротивления линий вычисляем по формулам [6]

$$R_{k-j} = \frac{r_0 l_{k-j}}{n}, \text{ Ом}; \quad (1)$$

$$X_{k-j} = \frac{X_0 l_{k-j}}{n}, \text{ Ом}, \quad (2)$$

где l_{k-j} – длина линии, км;
 r_0 – удельное активное сопротивление Ом/км;
 n – количество линий, шт.;

$$\Delta P_{л} = \frac{s^2}{u^2} R_{л}, \quad (3)$$

где $\Delta P_{л}$ – потери мощности в линии, кВт.

Для трехфазной цепи расчетные значения мощностей определяются по следующим выражениям:

$$S_p = \sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot I \text{ или } S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}; \quad (4)$$

$$S_p = \sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot I \cdot \cos\varphi_p; \quad (5)$$

$$Q_p = \sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot I \cdot \sin\varphi_p = P_p \cdot \operatorname{tg}\varphi_p \text{ или } Q_p = \sqrt{S_p^2 - P_p^2}. \quad (6)$$

Средняя активная мощность группы электроприемников определяется по формуле

$$P_{\text{ср}} = \frac{W}{t}, \quad (7)$$

где W – расход электроэнергии за рассматриваемый отрезок времени t .

Чаще всего необходимо знать среднюю мощность за смену $P_{\text{ср.см}}$ и за год $P_{\text{ср.г}}$.

$$P_{\text{ср.см}} = \frac{W_{\text{см}}}{t_{\text{см}}}; \quad (8)$$

$$P_{\text{ср.г}} = \frac{W_{\text{г}}}{t_{\text{г}}} = \frac{W_{\text{г}}}{8760}. \quad (9)$$

Если максимум нагрузки на графике длится менее получаса, то находится эквивалентная мощность по формуле

$$P_{\text{ЭКВ}} = \sqrt{\frac{P_1^2 \cdot t_1 + P_2^2 \cdot t_2 + \dots + P_n^2 \cdot t_n}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}}, \quad (10)$$

где P_1, P_2, P_n – наибольшие нагрузки;

t_1, t_2, t_n – продолжительность действия нагрузок.

В оболочке MS Excel создали таблицу для внесения и расчета параметров АИИСКУЭ (расчетные данные представлены на рисунке 3).

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
	РЭС	Подстанция	Поступление в фидер	ПО всего с учетом актов, кор.	ПО ЮЛ с учетом актов, кор.	ПО ФЛ с учетом актов, кор.	Потери общ. с учетом актов, кор.	Потери общ. % с учетом актов, кор.	Аиискуз ТУ	КолвоАкТехПров	КолвоПоказанияРСК	Колво Абонт Всего
5	Енисейский РЭС	ПС 35 кВ Стрелка	6 918 660,0000	6 215 838,0000	2 305 802,0000	3 910 036,0000	702 822,0000	10,16		0	0	1 342
3	Енисейский РЭС	ПС 35 кВ Стрелка	6 918 660,0000	94 586,0000	0,0000	94 586,0000	6 283 146,0000	90,81		0	0	1 342
4	Енисейский РЭС	ПС 35 кВ Стрелка	0,0000	248 374,0000	50 038,0000	198 336,0000	-248 374,0000	-100,00		0	0	43
5	Енисейский РЭС	ПС 35 кВ Стрелка	0,0000	298 520,0000	21 965,0000	276 555,0000	-298 520,0000	-100,00		0	0	89
6	Енисейский РЭС	ПС 35 кВ Стрелка	0,0000	369 162,0000	5 701,0000	363 461,0000	-369 162,0000	-100,00		0	0	72
7	Енисейский РЭС	ПС 35 кВ Стрелка	0,0000	605 545,0000	129 232,0000	476 313,0000	-605 545,0000	-100,00		0	0	231
8	Енисейский РЭС	ПС 35 кВ Стрелка	0,0000	1 107 816,0000	589 579,0000	518 237,0000	-1 107 816,0000	-100,00		0	0	179
9	Енисейский РЭС	ПС 35 кВ Стрелка	0,0000	981 230,0000	287 114,0000	694 116,0000	-981 230,0000	-100,00		0	0	234
0	Енисейский РЭС	ПС 35 кВ Стрелка	0,0000	580 113,0000	222 718,0000	357 395,0000	-580 113,0000	-100,00		0	0	155
1	Енисейский РЭС	ПС 35 кВ Стрелка	0,0000	692 567,0000	439 930,0000	252 637,0000	-692 567,0000	-100,00		0	0	127
2	Енисейский РЭС	ПС 35 кВ Стрелка	442 119,0000	442 119,0000	402 502,0000	39 617,0000	0,0000	0,00		0	0	35
3	Енисейский РЭС	ПС 35 кВ Стрелка	0,0000	459 619,0000	55 311,0000	404 308,0000	-459 619,0000	-100,00		0	0	107
4	Енисейский РЭС	ПС 35 кВ Стрелка	98 809,0000	98 809,0000	98 809,0000	0,0000	0,0000	0,00		0	0	1
5	Енисейский РЭС	ПС 35 кВ Стрелка	0,0000	237 378,0000	2 903,0000	234 475,0000	-237 378,0000	-100,00		0	0	43
6	Енисейский РЭС	ПС 35 кВ Стрелка	540 928,0000	6 121 252,0000	2 305 802,0000	3 815 450,0000	-5 580 324,0000	-1 031,62		0	0	1 342
7	Енисейский РЭС	ПС 35 кВ Стрелка	540 928,0000	6 121 252,0000	2 305 802,0000	3 815 450,0000	-5 580 324,0000	-1 031,62		0	0	1 342
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												

Рис. 3. Результаты обработки данных по фидеру 51-05

M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	
Колво Абонт Всего	Колво Юр	Колво Физ	Колво Аскуэ Всего	Обязка ИСУэ %	КолАскуэЮр	КолАскуэФиз	Установка	ТехМ Подстае	ТехМ ТП	ТехМ Линии	Потери тех.	Потери тех. %	
135	1 342	160	1 182	1 051	78,32	110	941	PS035-000476		VS006-0000761	151 047,4669	2,18	
343	1 342	160	1 182	1 051		110	941	102055953	PS035-000476	VS006-0000761	83 996,2669	1,21	
344	43	4	39	38		3	35	102054479	PS035-000476	TP006-0001584	VS006-0000761	6 002,4000	-100,00
345	89	5	84	79		5	74	102054484	PS035-000476	TP006-0001586	VS006-0000761	4 099,2000	-100,00
346	72	2	70	70		1	69	102054492	PS035-000476	TP006-0001589	VS006-0000761	4 099,2000	-100,00
347	231	14	217	106		11	95	102054501	PS035-000476	TP006-0001592	VS006-0000761	6 002,4000	-100,00
348	179	25	154	125		17	108	102054504	PS035-000476	TP006-0001593	VS006-0000761	7 686,0000	-100,00
349	234	24	210	199		18	181	102054507	PS035-000476	TP006-0001594	VS006-0000761	7 686,0000	-100,00
350	155	33	122	124		14	110	102054509	PS035-000476	TP006-0001595	VS006-0000761	4 099,2000	-100,00
351	127	36	91	113		33	80	102054513	PS035-000476	TP006-0001597	VS006-0000761	6 002,4000	-100,00
352	35	13	22	25		4	21		PS035-000476	TP006-0001599	VS006-0000761	0,0000	0,00
353	107	2	105	103		2	101	102054519	PS035-000476	TP006-0001600	VS006-0000761	6 002,4000	-100,00
354	1	1	0	1		1	0		PS035-000476	TP006-0007136	VS006-0000761	7 686,0000	7,78
355	43	1	42	43		1	42	102155368	PS035-000476	TP006-0009049	VS006-0000761	7 686,0000	-100,00
356	1 342	160	1 182	1 051		110	941		PS035-000476		VS006-0000761	151 047,4669	27,92
357	1 342	160	1 182	1 051		110	941		PS035-000476		VS006-0000761	151 047,4669	27,92
317													
318													
319													
320													
321													

Окончание рис. 3

Заключение. Проведен анализ технического и коммерческого потребления электроэнергии на ф. 51-05, изучена методика расчетов потребления электроэнергии, а также проведена обработка данных потребления по фидеру, которая показала, что при внедрении системы АИИСКУЭ «Меркурий-Энергоучет» на фидере 51-05 обеспечен системой 1 051 потребитель из 1 342. Среднее значение годового потребления электроэнергии для всех потребителей составляло 6 215 838 кВт·ч, после внедрения АСКУЭ это значение составило 4 867 993 кВт·ч, что позволило сократить потери на 21,68 %.

Список источников

1. О федеральном (общероссийском) оптовом рынке электрической энергии (мощности): постановление Правительства РФ от 12.07.1996 № 793 // Собрание законодательства Российской Федерации. 1996. № 30.
2. Об электроэнергетике: федер. закон от 26.03.2003 № 35-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. 2003. № 13.
3. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: федер. закон РФ № 261-ФЗ от 23.11.2009 // Собрание законодательства Российской Федерации. 2009. № 48.
4. АСКУЭ современного предприятия // ЭНЕРГОУЧЕТ: сайт предприятия по созданию АСКУЭ. URL: <http://www.eu.sama.ru/askue.html> (дата обращения: 22.03.2024).
5. Создание АИИС КУЭ // ИК «Энергоаудитконтроль». URL: <http://www.ackue.ru/activities/aiskue> (дата обращения: 22.03.2024).
6. Хохолкова О.Г. Обзор АИИСКУЭ для разных типов потребителей // Научно-образовательный потенциал молодежи в решении актуальных проблем XXI века. 2024. № 20. С. 147–149. EDN DNGSBT.

References

1. About the Federal (All-Russian) wholesale electric energy (capacity) market: Decree of the Government of the Russian Federation dated 12.07.1996 No. 793 // Collection of Legislation of the Russian Federation. 1996. № 30.
2. About the electric power industry: feder. the law of 26.03.2003 No. 35-FZ // Collection of legislation of the Russian Federation. 2003. № 13.
3. On Energy conservation and Energy Efficiency Improvement and on amendments to Certain Legislative Acts of the Russian Federation: feder. The law of the Russian Federation No. 261-FZ dated 11/23/2009 // Collection of legislation of the Russian Federation. 2009. No. 48.
4. ASCUE of a modern enterprise // ENERGY ACCOUNTING: website of the enterprise for the creation of ASCUE. URL: <http://www.eu.sama.ru/askue.html> (date of reference: 03/22/2024).
6. Creation of the AIS KUE // IC "Energoauditcontrol". URL: <http://www.ackye.ru/activities/aiskue> (date of reference: 03/22/2024).
7. Khokholkova O.G. Review of AIISKUE for different types of consumers // Scientific and educational potential of youth in solving urgent problems of the XXI century. 2024. №

Сведения об авторах:

Александр Сергеевич Дебрин – доцент кафедры электроснабжения, кандидат технических наук

Анна Владимировна Заплетина – доцент кафедры системознергетики, заместитель директора Института инженерных систем и энергетика, кандидат технических наук, доцент

Тина Анатольевна Дебрина – магистр

Information about the authors:

Alexander Sergeevich Debrin – Associate Professor of the Department of Power Supply, Candidate of Technical Sciences

Anna Vladimirovna Zapletina – Associate Professor of the Department of System Power Engineering, Deputy Director of the Institute of Engineering Systems and Energy, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Tina Anatolyevna Debrina – Master's degree

Научная статья / Research Article

УДК 621.311.1:658.012.12

А.С. Дебрин¹, А. В. Заплетина², Т.А. Дебрина³

^{1,2} Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

³ Красноярский государственный аграрный университет, Ачинский филиал
Россия, Красноярский край, Ачинск

¹debrin.as@yandex.ru

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ АИИСКУЭ НА ПРИМЕРЕ ЕНИСЕЙСКОГО РЭС, Ф 51-05 п. СТРЕЛКА ЕНИСЕЙСКОГО РАЙОНА

Аннотация. В статье рассмотрено технико-экономическое обоснование применения АИИСКУЭ на примере Енисейского РЭС, ф 51-05 п. Стрелка Енисейского района, которое показало, что капиталовложения в АСКУЭ «Меркурий» составляют 11 563 154,6 руб., «Энергомера» – 14 037 261,1 руб., «Пума» – 11 761 373,15 руб. При этом экономия электроэнергии после внедрения АСКУЭ составила 1 347 845,64 кВт·ч, что составляет 5 741 822,45 руб. Из-за различия в стоимости системных комплексов стоимость их обслуживания, а также затраты на эксплуатацию, сроки окупаемости всех рассмотренных вариантов различаются. Для АСКУЭ «Меркурий» это значение равно 2,07; «Энергомера» – 3,9; «Пума» – 3,01. Исходя из этого можно сделать вывод, что наиболее экономически выгодным вариантом АИИСКУЭ будет считаться система «Меркурий».

Ключевые слова: электроснабжение, АСКУЭ, АИИСКУЭ, система учета, электричество, технологии, «Меркурий», «Энергомера», «Пума»

Andrey Debrin¹, Anna Zapletina², Tina Debrina³

^{1,2}Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

³Achinsk branch. Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk Region, Achinsk, Russia

¹debrin.as@yandex.ru

FEASIBILITY STUDY OF THE USE OF AIISKUE ON THE EXAMPLE OF THE YENISEI DISTRIBUTION ZONE, F 51-05, STRELKA SETTLEMENT OF THE YENISEI DISTRICT

Annotation. The paper considers the feasibility study of the use of AIISKUE on the example of the Yenisei distribution zone, f 51-05 p. Strelka of the Yenisei district, which showed that investments in the Mercury ASCUE amount to 11563154.6 rubles, in Energomer 14037261.1 rubles, in Puma 11761373.15 rubles. At the same

time, the energy savings after the introduction of the ASCUE amounted to 1347,845.64 kWh, which is 5741822.45 rubles. Due to the difference in the cost of system complexes, the cost of their maintenance, as well as the cost of operation, the payback periods of all considered options vary. For Mercury, this value is 2.07, for Energomer 3.9, and for Puma 3.01. Based on this, it can be concluded that the Mercury system will be considered the most economically advantageous option for AIISCE.

Keywords: power supply, askue, aiiskue, metering system, electricity, technologies, mercury, energomera, puma

Широкое внедрение АСКУЭ в жилом и производственном секторе наиболее целесообразно при строительстве новых жилых домов. Проектная документация жилых и промышленных помещений создается на основе нормативных требований [1–3]. Рынок насыщен разнообразной продукцией только более десятка Российских заводов-изготовителей электронных счетчиков электрической энергии и другого оборудования, необходимого для построения АСКУЭ [4, 5]. Диапазон выпускаемой продукции этими заводами настолько велик, что в настоящее время потребителю трудно определиться не только с заводом-изготовителем АСКУЭ, но с вариантом построения структуры АСКУЭ. Только качественное технико-экономическое сравнение нескольких вариантов может помочь найти оптимальное соотношение между ценой и качеством.

Капиталовложения в АСКУЭ, $K_{\text{АСКУЭ}}$, руб., включают в себя стоимость АСКУЭ, стоимость монтажа оборудования и прочие затраты.

Стоимость комплекта оборудования автоматизированной информационно-измерительной системы коммерческого учета электроэнергии, $K_{\text{об}}$, руб., определяется номенклатурой изделий, необходимых для комплектования АСКУЭ, зависящей от фирмы-производителя [6].

Общие единовременные затраты на создание АСКУЭ, $K_{\text{АСКУЭ}}$, руб., определяются по формуле

$$K_{\text{АСКУЭ}} = K_{\text{об}} + K_{\text{м}} + K_{\text{пр}}, \quad (1)$$

где $K_{\text{об}}$ – затраты на оборудование, руб.;

$K_{\text{м}}$ – затраты на монтаж АСКУЭ, руб.;

$K_{\text{пр}}$ – прочие затраты, связанные с созданием АСКУЭ, руб.

Стоимость монтажа определяется по локальной смете. Для упрощения расчетов стоимость монтажа принимается равной 10 % от стоимости $K_{\text{АСКУЭ}}$.

Прочие затраты принимается равной 5 % от стоимости $K_{\text{АСКУЭ}}$.

Годовые затраты на эксплуатацию АСКУЭ, $I_{\text{экс}}$, руб./год, определяют по формуле

$$I_{\text{экс}} = I_{\text{ам}} + I_{\text{тр}} + I_{\text{от}} + I_{\text{пр}}, \quad (2)$$

где $I_{ам}$ – амортизационные отчисления, руб/год;
 $I_{тр}$ – отчисления на текущий ремонт, руб/год;
 $I_{от}$ – издержки на оплату труда, руб/год;
 $I_{пр}$ – прочие отчисления (принимают 10 % от вышеперечисленных), руб/год.

Амортизационные отчисления, $I_{ам}$, руб/год, учитывают возмещение основных производственных фондов в процессе износа оборудования и определяют по формуле

$$I_{ам} = K_{АСКУЭ} \cdot \alpha, \quad (3)$$

где α – норма амортизационных отчислений, для АСКУЭ $\alpha = 3,3$ (4) % (зависит от срока службы оборудования).

Отчисления на текущий ремонт и обслуживание, $I_{тр}$, руб./год определяют по формуле

$$I_{тр} = K \cdot \alpha_{тр}, \quad (4)$$

где $\alpha_{тр}$ – норма отчислений на текущий ремонт, для АСКУЭ $\alpha_{тр} = 10$ %.

Данная статья затрат включает затраты на контроль и поверку счетчиков.

Издержки на оплату труда, $I_{от}$, руб/год, определяются по формуле

$$I_{от} = ТС \cdot t \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3, \quad (5)$$

где $ТС$ – тарифная ставка электромонтера, обслуживающего АСКУЭ, руб/ч;
 t – фонд рабочего времени, необходимого для обслуживания АСКУЭ, ч/год;

k_1 – коэффициент, учитывающий дополнительную оплату труда, $k_1 = 1,4$;

k_2 – коэффициент, учитывающий отчисления на социальные нужды, $k_2 = 1,26$;

k_3 – районный коэффициент, $k_3 = 1,3$.

Прочие отчисления, $I_{пр}$, руб/год, определяются выражением

$$I_{пр} = (I_{ам} + I_{тр} + I_{от}) \cdot 0,1. \quad (6)$$

Годовое потребление энергии абонентами жилых домов, $Э_{год}$, кВт·ч, составит

$$Э_{год} = W_{кв} \cdot n, \quad (7)$$

где $W_{кв}$ – среднегодовое потребление электроэнергии одним объектом, кВт·ч;

n – количество квартир, обслуживаемых АСКУЭ, шт.

Возможное снижение потерь энергии в электрической сети 0,38 кВ $\mathcal{E}_{\text{сети}}$, кВт·ч, составит

$$\mathcal{E}_{\text{сети}} = K_{\text{пот}} \cdot \mathcal{E}_{\text{год}}, \quad (8)$$

где $K_{\text{пот}}$ – коэффициент возможного снижения потерь электрической энергии в сети 0,38 кВ.

Затраты на покрытие расходов за потребленную электроэнергию за год $I_{\text{год}}$, руб./год составят

$$I_{\text{год}} = \mathcal{E}_{\text{год}} \cdot T, \quad (9)$$

где T – тариф на электроэнергию, руб./кВт·ч;

Ожидаемый дополнительный доход за счет совершенствования учета и контроля за расходом электроэнергии, $I_{\text{ЭК}}$, руб./год, составит

$$I_{\text{ЭК}} = \mathcal{E}_{\text{сети}} \cdot T. \quad (10)$$

Экономическая эффективность АСКУЭ, \mathcal{E} , руб./год, определяется на основе критерия срока окупаемости и складывается из экономии трудозатрат на контролируемые функции и снижения потерь и хищений электроэнергии:

$$\mathcal{E} = I_{\text{ЗП}} + I_{\text{ЭК}}, \quad (11)$$

где $I_{\text{ЗП}}$ – заработная плата контролера сбытовой организации, руб./год.
Срок окупаемости, $T_{\text{ок}}$, год, АСКУЭ определится выражением

$$T_{\text{ок}} = K_{\text{АСКУЭ}} / (\mathcal{E} - I_{\text{ЭК}}) \leq T_{\text{инв}}, \quad (12)$$

где $T_{\text{инв}}$ – срок окупаемости, устанавливаемый инвестором, лет.

Срок окупаемости, устанавливаемый 5 лет, считается рентабельным.

Для оценки целесообразности использования АСКУЭ по описанной выше методике выполним расчет в электронной таблице Microsoft Excel. Проведем расчеты экономической эффективности АСКУЭ «Меркурий», «Энергомера» и «Пума». Результаты расчетов представлены в таблице.

Технико-экономическое обоснование внедрения АСКУЭ

Показатель	«Меркурий»	«Энергомера»	«Пума»
1	2	3	4
Стоимость АСКУЭ, K_u , руб.	9567 (ед) 10054917	11614 (ед) 12206314	9731 (ед) 10227281
Стоимость монтажа, K_m , руб.	1005491,7	1220631,4	1022728,1
Прочие затраты, $K_{пр}$, руб.	502745,9	610315,7	511364,05
Капиталовложения в АСКУЭ, $K_{\text{АСКУЭ}}$, руб.	11563154,6	14037261,1	11761373,15

Окончание табл.

1	2	3	4
Амортизационные отчисления, $I_{ам}$, руб/год	402196,7	488252,6	409091,3
Отчисления на текущий ремонт, $I_{тр}$, руб/год	1005491,7	1220631,4	1022728,1
Издержки на оплату труда, $I_{от}$, руб/год	241730		
Прочие отчисления, $I_{пр}$, руб/год	164941,84	195061,4	167354,94
Годовые затраты на эксплуатацию АСКУЭ, $I_{экс}$, руб/год	181360,24	2145675,4	1840904,34
Годовое потребление электроэнергии, кВт·ч	6215838 (среднее для всех потребителей)		
Годовое потребление электроэнергии при условии установки АСКУЭ, кВт·ч	4867993 (среднее для потребителей с АСКУЭ)		
Экономия электроэнергии от внедрения АСКУЭ, кВт·ч	1347845,64		
Стоимость одного кВт·ч, руб.	4,26		
Экономия по оплате за электроэнергию $I_{эк}$, руб/год	5741822,45		
Заработная плата контролера сбытовой организации, приходящаяся на потребителей, обслуживаемых АСКУЭ, $I_{зп}$, руб/год	241730		
Экономический эффект, Э, руб/год	5741822,45		
Срок окупаемости, $T_{ок}$, год	2,07	3,9	3,01

Примечание. Тариф на электроэнергию для населения, проживающего в сельских населенных пунктах: в пределах социальной нормы – 2,47 руб.; сверх социальной нормы – 3,98 руб.; для юридических лиц – 6,06 руб.; для расчета принимаем среднее значение 4,26 руб.

Заключение. Технико-экономическое обоснование показало, что капиталовложения в АСКУЭ «Меркурий» составляют 11 563 154,6 руб., «Энергомера» – 14 037 261,1 руб., «Пума» – 11 761 373,15 руб. При этом экономия электроэнергии после внедрения АСКУЭ составила 1 347 845,64 кВт·ч, что составляет 5 741 822,45 руб.

Из-за различия в стоимости системных комплексов стоимость их обслуживания, а также затраты на эксплуатацию, сроки окупаемости всех рассмотренных вариантов различаются. Для «Меркурий» это значение

равно 2,07; «Энергомера» – 3,9; «Пума» – 3,01. Исходя из этого, можно сделать вывод, что наиболее экономически выгодным вариантом АИISKУЭ будет считаться система «Меркурий».

Список источников

1. О федеральном (общероссийском) оптовом рынке электрической энергии (мощности): постановление Правительства РФ от 12.07.1996 № 793 // Собрание законодательства Российской Федерации. 1996. № 30.
2. Об электроэнергетике: федер. закон от 26.03.2003 № 35-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. 2003. № 13.
3. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: федер. закон РФ от 23.11.2009 № 261-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. 2009. № 48.
4. АСКУЭ современного предприятия // Энергоучет. URL: <http://www.eu.sama.ru/askue.html> (дата обращения: 23.05.2024).
5. Создание АИИС КУЭ // ИК «Энергоаудитконтроль». URL: <http://www.ackue.ru/activities/aiskue> (дата обращения: 23.05.2024).
6. Хохолкова О.Г. Обзор АИISKУЭ для разных типов потребителей // Научно-образовательный потенциал молодежи в решении актуальных проблем XXI века. 2024. № 20. С. 147–149. EDN DNGSBT.

References

1. O federal'nom (obshcherossiiskom) optovom rynke ehlektricheskoi ehnergii (moshchnosti): postanovlenie Pravitel'stva RF ot 12.07.1996 № 793 // Sobranie zakonodatel'stva Rossiiskoi Federatsii. 1996. № 30.
2. Ob ehlektroehnergetike: feder. zakon ot 26.03.2003 № 35-FZ // Sobranie zakonodatel'stva Rossiiskoi Federatsii. 2003. № 13.
3. Ob ehnergoberezhnii i o povyshenii ehnergeticheskoi ehffektivnosti i o vnesenii izmenenii v ot del'nye zakonodatel'nye akty Ros-siiskoi Federatsii: feder. zakon RF ot 23.11.2009 № 261-FZ // Sobranie zakonodatel'stva Rossiiskoi Federatsii. 2009. № 48.
4. ASKUEH sovremennogo predpriyatiya // Ehnergouchet. URL: <http://www.eu.sama.ru/askue.html> (data obrashcheniya: 23.05.2024).
5. Sozdanie AIIS KUEH // IK «Ehnergoauditkontrol'». URL: <http://www.ackue.ru/activities/aiskue> (data obrashcheniya: 23.05.2024).
6. Khokholkova O.G. Obzor AIISKUEH dlya raznykh tipov potrebitelei // Nauchno-obrazovatel'nyi potentsial molodezhi v reshenii aktual'nykh problem XXI veka. 2024. № 20. S. 147–149. EDN DNGSBT.

Сведения об авторах:

Александр Сергеевич Дебрин – доцент кафедры электроснабжения, кандидат технических наук

Анна Владимировна Заплетина – доцент кафедры системозаэнергетики, заместитель директора Института инженерных систем и энергетики, кандидат технических наук, доцент

Тина Анатольевна Дебрина – магистр

Information about the authors:

Alexander Sergeevich Debrin – Associate Professor of the Department of Power Supply, Candidate of Technical Sciences

Anna Vladimirovna Zapletina – Associate Professor of the Department of System Power Engineering, Deputy Director of the Institute of Engineering Systems and Energy, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Tina Anatolyevna Debrina – Master's degree