

Секция 5

Электротехнические комплексы и системы

ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМ АВТОНОМНОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ДЕРЕВЕНЬ ЛИНДОЗЕРО И ЮСТОЗЕРО

М.Д. Чернышова

*Томский политехнический университет,
ИШЭ, ОЭЭ, гр. 5АМ23*

Научный руководитель: Б.В. Лукутин, доктор технических наук, профессор ОЭЭ ИШЭ

В данной работе рассматривается оптимизация систем электроснабжения деревень Линдозеро и Юстозеро. К северо-западу от деревни Юстозеро находится государственный гидрологический заказник «Озеро Талое» – особо охраняемая природная территория. Электроснабжение в деревнях осуществляется с помощью дизельных генераторов, которые в ходе эксплуатации выбрасывают в атмосферу загрязняющие вещества, влияющие на экологию озер. Существующий тариф в деревнях составляет 32,7 рублей, что достаточно дорого для жителей деревень и требует бюджетного субсидирования. Значительная доля в тарифе приходится на стоимость израсходованного топлива. Целью работы является снижение потребления топлива дизельными генераторами, а также уменьшение тарифа на электроэнергию в деревнях Линдозеро и Юстозеро путем внедрения возобновляемых источников энергии.

Электроснабжение осуществляется от автономных дизельных электростанций, объем реализации электроэнергии представлен в табл. 1. Данные предоставили АО «Прионежская сетевая компания» и Северная Экологическая Финансовая Корпорация в техническом задании.

Таблица 1. Ежемесячная реализация э/э потребителям по населенным пунктам, кВт·ч

Месяц	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек
Юстозеро	335	248	371	250	223	695	347	396	587	324	284	543
Линдозеро	883	873	707	584	500	536	559	615	836	1062	905	693

Строительство дизельной электростанции с электроснабжением второй деревни по линии электропередач

Рассмотрим вариант строительства линии электропередач между деревнями. Воспользуемся картой для нахождения расстояния между деревнями. Расстояние между деревнями составляет $L = 40,109$ км. Найдем капиталовложения на строительство ЛЭП между деревнями по формуле:

$$K_{\text{ЛЭП}} = K_0 \cdot L \cdot K_{\text{зон}} \cdot K_{\text{усл}} \cdot n_{\text{ц}} = 850 \cdot 40,109 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 34\,092\,650 \text{ руб.} \quad (1)$$

где K_0 – базовый показатель стоимости ЛЭП на сооружение 1 км линии; L – длина линии; $K_{\text{зон}}=1$ – зональный коэффициент; $K_{\text{усл}}=1$ – коэффициент усложнения; $n_{\text{ц}}$ – цепность линии.

На данном этапе расчетов уже можно заметить, что строительство ЛЭП между деревнями дорогостоящее и не имеет смысла.

Электроснабжение с помощью ветро-дизельной электростанции

Рассмотрим электроснабжение поселков с помощью ветроэлектростанции в деревнях. Для оценки энергетического потенциала ветра в деревнях Линдозеро и Юостозеро воспользуемся архивами погоды [1]. Ближайшим к данным деревням городом, для которого имеются архивы погоды, является Медвежьегорск. Для выбранного места – г. Медвежьегорск были найдены процентные соотношения градаций скорости ветра и их продолжительности. С помощью полученных данных найдем удельную месячную энергию ветра по формуле (2). Сведем расчеты по месяцам в табл. 2.

$$W_{\text{уд.мес}} = 0,5 \cdot \rho \cdot \sum_{V_i=1}^{V_{i\text{max}}} (T_i \times V_i^3), \quad (2)$$

где V_i – градации скорости ветра, м/с; T_i – продолжительность градаций, ч.

Таблица 2. Удельная месячная энергия ветра по месяцам, кВт·ч

Месяц	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек
$W_{\text{уд.мес}}$	9,46	4,14	5,26	6,10	1,89	1,76	1,85	1,72	3,12	1,78	4,16	1,34

Для исследования преобразования механической энергии ветра в электрическую необходимо определить электроэнергию, вырабатываемую конкретной ветроустановкой за месяц. Выберем трёхлопастную ветроэнергетическую установку с горизонтальной осью вращения типа YASHEL WT 1500i [2]. Суммарную электроэнергию, генерируемую различным количеством ветроустановок, определим по удельной среднемесячной энергии ветра с учётом ометаемой площади ветроколеса и КПД ветрогенератора. Результаты расчетов сведем в табл. 3.

Таблица 3. Электроэнергия, вырабатываемая ветроустановками, кВт·ч

Месяц	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек
$W_{\text{ВГ}(1)}$	19,05	7,95	9,48	11,64	1,65	2,25	2,07	1,95	6,15	2,25	7,53	1,65
$W_{\text{ВГ}(17)}$	324	135	161	198	28	38	35	33	104	38	128	28
$W_{\text{ВГ}(46)}$	876	365	436	535	75	103	95	89	282	103	346	75

Из таблицы видно, что для поселка Юостозеро в январе будет практически достаточно выработки 17 ветроустановок, для Линдозера – 46 в январе и апреле. В остальные месяцы энергии ветроустановок не достаточно для нужд потребителей. Найдем разницу между выработкой электроэнергии ветроустановками и нуждами потребителей по месяцам (табл. 4). Эту разницу будут обеспечивать дизельные генераторы.

Таблица 4. Разница между выработкой ветроустановок и нуждами потребителей, кВт·ч

Месяц	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек
Юостозеро	11	113	210	52	195	657	312	363	482	286	156	515
Линдозеро	6,7	507	271	49	424	432	463	525	553	959	559	617

С учетом количества выбранных ветрогенераторов и расхода топлива дизельными генераторами найдем тариф в деревнях по формуле (3):

$$C_{\text{эл}} = \frac{P_{\text{н}} \cdot K}{W_{\text{год}}} = \frac{1}{10} \cdot \frac{K_{\text{вг}} \cdot N_{\text{вг}} + m_{\text{дт}} \cdot C_{\text{дт}}}{W_{\text{потребление}}}, \quad (3)$$

где $C_{\text{эл}}$ – тариф; K – затраты на оборудование; $P_{\text{н}}$ – нормативный коэффициент рентабельности; T – экономический срок службы оборудования, принимаем 10 лет; $W_{\text{год}}$ – полезно потребленная энергия за год, $m_{\text{дт}}$ – потребление топлива дизельными генераторами; $C_{\text{дт}}$ – стоимость дизельного топлива, $N_{\text{вг}}$ – количество ветроустановок, $K_{\text{вг}}$ – стоимость ветроустановки.

По результатам расчета получим, что для Юостозера при 17 ветрогенераторах тариф составит 100,5 рублей за кВт·ч, а для Линдозера – 84,7 рублей за кВт·ч. при 46 ветрогенераторах. Данный способ электрификации ветро-дизельными энергоустановками оказался более дорогостоящим, чем изначальный вариант – использование только дизельных генераторов.

Электроснабжение с помощью фото-дизельной электростанции

Рассмотрим систему электроснабжения поселков с помощью гибридной солнечно-дизельной электростанции. Для этого выберем фотопанели TP5M6U-300W-MONO [3]. С помощью программного комплекса On-line калькулятор солнечной, ветровой и тепловой энергии Helios House [4] найдем выработку электроэнергии в месяц в деревнях солнечными батареями.

Таблица 5. Выработка электроэнергии в месяц солнечными батареями, кВт·ч

Месяц	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек
Юостозеро	6,2	14,84	31,62	39,6	41,85	43,8	42,47	35,96	26,7	16,43	8,4	3,1
Линдозеро	7,13	17,08	33,79	40,5	43,4	43,2	42,47	36,89	26,7	16,74	10,8	4,03

В качестве инвертора можно выбрать батарейный инвертор МАП DOMINATOR 6 кВт 25 В МикроАрт [5]. Выберем контроллер заряда КЭС DOMINATOR MPPT 250/60 [6], рассчитанный для работы в солнечных электростанциях средней мощности при токе заряда до 60 А и напряжении аккумуляторов от 12 до 96 В. Выберем аккумулятор LiFePO4 24V 210 Ah. [7]

С помощью ПО Excel рассчитаем несколько вариантов тарифа на электроэнергию, в зависимости от количества выбранных панелей и, соответственно, изменения потребления топлива дизельными генераторами из-за изменения выработки фотопанелей. Для этого воспользуемся формулой (4). Результаты расчетов сведем в табл. 6. Кроме того, приведем в таблице разницу между исходным тарифом и расчетным.

$$C_{\text{эл}} = \frac{P_{\text{н}} \cdot K}{W_{\text{год}}} = \frac{1}{20} \cdot \frac{K_{\text{сб}} \cdot N + \frac{1}{10} \cdot K_{\text{инвертор}} + \frac{1}{5} \cdot K_{\text{аккумулятор}} + \frac{1}{10} \cdot K_{\text{контроллер}} + C_{\text{дт}}}{W_{\text{год}}} \quad (4)$$

где $C_{\text{эл}}$ – тариф; K – затраты на оборудование; $P_{\text{н}}$ – нормативный коэффициент рентабельности; T – экономический срок службы оборудования, принимаем для солнечных батарей 20 лет, инвертора – 10 лет, аккумулятора – 5 лет, контроллера заряда КЭС – 10 лет; $W_{\text{год}}$ – полезно потребленная энергия за год.

Таблица 6. Расчет тарифа

Деревня	Кол-во СБ, ед	Цена СБ, руб	Топливо, руб	Сэл (исходный), руб	Сэл (расчетный), руб	Разница Сэл.исх и Сэл.расч, руб
Юостозеро	7	84000	74134,1569	32,7	32,013	0,687
Линдозеро	4	48000	207063,9	32,7	31,816	0,884

Из табл. 6 можно сделать вывод о том, что экономически выгодными вариантами стали использование 4 солнечных батарей для деревни Линдозеро и 7 – для Юостозеро.

Вывод

В ходе исследования были рассмотрены 3 варианта оптимизации системы электроснабжения деревень Линдозеро и Юостозеро – строительство дизельной электростанции с электроснабжением второй деревни по линии электропередачи, электроснабжение с помощью ветродизельной электростанции и электроснабжение с помощью фото-дизельной электростанции. Из рассмотренных вариантов только последний удовлетворяет поставленным целям. Гибридная солнечно-дизельная электростанция позволит сэкономить как минимум 941 кг топлива в деревне Линдозеро, 1606 кг – в Юостозеро. Совместная работа фотопанелей и дизельных генераторов позволяет увеличить моторесурс генераторов, тем самым увеличив их срок службы. Кроме того, снижение потребления топлива дизельными генераторами уменьшает негативное влияние вредных выбросов на экологию озер.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Погода в Медвежьегорске // Погода и климат. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/weather.php?id=22721>
2. Ветрогенератор 1 кВт YASHEL WT1000i/48V // YASHEL SHOP. URL: <https://yashel.shop/vetrogenerator-YASHEL%20-wt1000-naprjazhenie-48v>
3. Солнечная батарея TPSM6U-300W-MONO // Helios House. URL: https://www.helios-house.ru/monokristallicheskie-solnechnye-batarei/delta_bst_300_24_duo/view-details.html
4. On-line калькулятор солнечной, ветровой и тепловой энергии // Helios House. URL: <http://www.helios-house.ru>
5. Инвертор МАП DOMINATOR 6 кВт 24 В МикроАрт // RealSolar. URL: <https://realsolar.ru/inventory/inventory-map/map-dominator/map-dominator-6kw-24v/>
6. Контроллер КЭС DOMINATOR MPPT 250/60 // Энергия 12/24/48 220. URL: http://www.invertor.ru/zzz/item/kes_dominator_mppt_250_60
7. Аккумулятор LiFePO4 24V 210Ah // LiFePO4 аккумуляторы и комплектующие. URL: <https://lifepo4.ru/akkumulyator-lifepo4-24v-210ah>

УВЕЛИЧЕНИЕ ОТКЛЮЧАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ВАКУУМНОГО ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ С ПОМОЩЬЮ АКСИАЛЬНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

С.Ю. Шабуров¹, О.В. Никитенко¹, Л.А. Конькова²

*Томский политехнический университет,
ИШЭ, ОЭЭ, ¹гр. 5А05, ²гр. 5АМ28*

Научный руководитель: А.Ю. Юшков, к.т.н., доцент ОЭЭ ИШЭ ТПУ

Износ контактов высоковольтных вакуумных выключателей несет за собой критически опасные для энергетической сети последствия такие как повторные пробои самих выключателей и вывод из строя присоединенного к нему оборудования на подстанциях и в сетях. Эта проблема возникает в связи с воздействием дуги, возникающей при коммутации выключателей, за счет прожигания анода. В классическом исполнении выключателей это приводит к ухудшению электромеханических свойств контактов, а также после коммутации на поверхности контактов остается небольшое количество электронов, что способствует повторному зажиганию дуги. Решить эту проблему можно несколькими способами: путем изменения формы контактов вакуумных выключателей и созданием внешнего магнитного поля.

Экспериментов с наложением аксиального магнитного поля (АМП) независимого от отключаемого тока практически нет. В связи с этим мы считаем, что исследование влияния независимого от отключаемого тока АМП на характер поведения вакуумной дуги является актуальной задачей.