

ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР / ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ /
TECHNICAL SCIENCES

DOI 10.54596/2958-0048-2024-2-166-171

УДК 66.012.37

МРНТИ 44.09.03

ПРОЕКТ МИНИМИЗАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В СЕЛЬСКИХ СЕТЯХ

Латыпов С.И.^{1*}, Кашевкин А.А.¹, Фоминых С.С.¹

^{1}НАО «Северо-Казахстанский университет имени Манаша Козыбаева»,
Петропавловск, Казахстан*

**Автор для корреспонденции: slatypov@mail.ru*

Аннотация

Статья посвящена вопросам оптимизации загрузки имеющихся трансформаторов электрических сетей 0,4 кВ села Ивановка. Основная доля действующих ВЛ посёлка введена в эксплуатацию в середине прошлого века. И хотя за прошедшее время постоянно ведутся плановые работы, все-таки сеть нуждается в оценке состояния и, при необходимости, реконструкции. Главным поводом для проведения работ послужила низкая загруженность ряда трансформаторов из-за уменьшения производственного сектора, а также оттока населения.

Ключевые слова: Электрические потери, оптимизация загрузки оборудования, КПД трансформаторов, реконструкция сетей, повышение эффективности электроснабжения.

**АУЫЛ ЖЕЛІЛЕРІНДЕГІ ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСЫНЫҢ ШЫҒАЛУЫН АЗАЙТУ
ЖОБАСЫ**

Латыпов С.И.^{1*}, Кашевкин А.А.¹, Фоминых С.С.¹

^{1}«Манаш Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті» КеАҚ,
Петропавл, Қазақстан*

**Хат-хабар үшін автор: slatypov@mail.ru*

Аннотация

Мақала Ивановка ауылындағы 0,4 кВ электр желілерінің қолданыстағы трансформаторларының жүктелуін оңтайландыру мәселелеріне арналған. Ауылдағы жұмыс істеп тұрған әуе желілерінің негізгі бөлігі өткен ғасырдың ортасында іске қосылды. Өткен уақыт ішінде жоспарлы жұмыстар үнемі жүргізіліп келсе де, желі әлі де бағаланып, қажет болған жағдайда қайта құруды қажет етеді. Жұмыстың негізгі себебі - өндіріс саласының төмендеуіне байланысты бірқатар трансформаторларға жүктеменің аз болуы, сондай-ақ тұрғындардың кетуі.

Түйін сөздер: Электр ысыраптары, жабдық жүктемесін оңтайландыру, трансформаторлардың ПӘК, желілерді қайта құру, электрмен жабдықтау тиімділігін арттыру.

PROJECT TO MINIMISE ELECTRICITY LOSSES IN VILLAGE NETS

Latypov S.I.^{1*}, Kashevkin A.A.¹, Fominyh S.S.¹

^{1*}«Manash Kozybayev North Kazakhstan University» NPLC,
Petropavlovsk, Kazakhstan

*Corresponding author: slatypov@mail.ru

Abstract

The article is devoted to the issues of optimisation of loading of available transformers of 0.4 kV electric networks of Ivanovka village. The main part of the existing overhead lines of the village was put into operation in the middle of the last century. And although over the past period of time constantly conducted routine work, still the network needs to assess the condition and, if necessary, reconstruction. The main reason for the works was the low utilisation of a number of transformers due to the reduction of the production sector and population outflow.

Key words: Electric power losses, optimisation of equipment utilisation, transformer efficiency, network reconstruction, increasing the efficiency of power supply.

Введение

Электрические потери в сельских сетях 0,4 кВ возникают в линиях и трансформаторах. Минимизировать потери в проводниках можно за счет увеличения их сечения, но данное мероприятие повлечет за собой серьезные финансовые вложения, что поставит крест на эффективности мероприятия.

Электрические потери в трансформаторах 10/0,4 кВ можно разделить на два основных типа: потери в стали (магнитные потери) и потери в меди (омические потери). В свою очередь, потери в стали делятся на потери на гистерезис (происходят из-за циклической перемагничиваемости сердечника трансформатора и зависят от свойств магнитного материала сердечника и частоты переменного тока) и потери на вихревые токи (возникают из-за индукции вихревых токов в сердечнике трансформатора, пропорциональны квадрату частоты и магнитной индукции, а также зависят от толщины пластин сердечника и его удельного сопротивления). Потери в меди делятся на потери в обмотках (возникают из-за сопротивления проводников обмоток трансформатора и пропорциональны квадрату тока, протекающего по обмоткам) и потери от тока утечки (возникают из-за сопротивления контактов и соединений внутри трансформатора).

Методы исследования

Значительное влияние на электрические потери в трансформаторе оказывает его коэффициент загрузки. Эти потери происходят в сердечнике трансформатора и зависят от напряжения питания, частоты и свойств материала сердечника. Они остаются практически постоянными и не зависят от нагрузки. Если трансформатор оснащен системами охлаждения или другими вспомогательными устройствами, их потери также считаются постоянными.

В тоже время, коэффициент загрузки трансформатора, зависящий от потребления электроэнергии на шинах низшего напряжения, влияет на его КПД и, как следствие, на потери мощности. Данные потери являются переменными.

При низких нагрузках (0,2-0,3) переменные потери невелики, а доминируют постоянные потери. В этом режиме трансформатор работает неэффективно, так как постоянные потери составляют значительную долю от общего количества потерь. В среднем диапазоне (около 0,5) переменные и постоянные потери становятся сопоставимыми. При полной нагрузке (близко к 1) трансформатор работает более эффективно, так как суммарные потери относительно невелики. В этом режиме доминируют переменные потери, так как они пропорциональны квадрату тока.

Оптимальная нагрузка трансформатора обычно составляет 0,5-0,7, где суммарные потери минимальны. Это объясняется тем, что при такой нагрузке балансируются постоянные и переменные потери, обеспечивая наибольшую эффективность работы, как показано на рисунке 1.

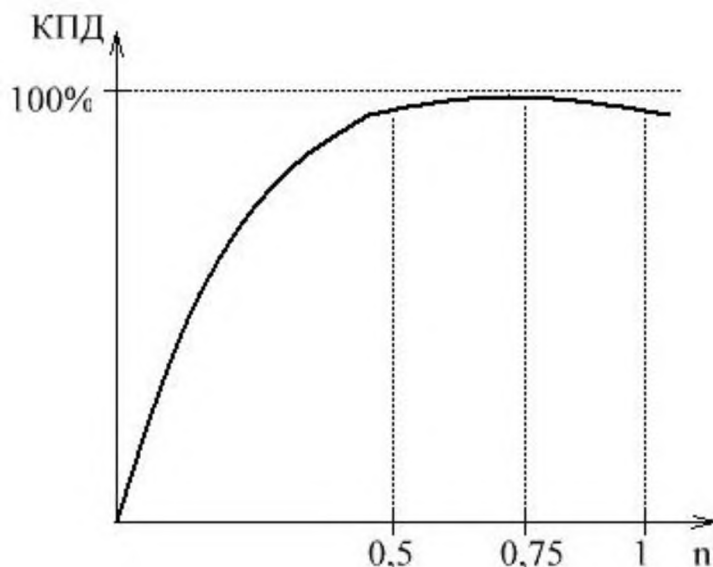


Рисунок 1. Зависимость КПД трансформатора от его загрузки

Можно оптимизировать сельские сети таким образом, чтобы КПД используемых трансформаторов был максимально возможным.

Результаты исследования

На первом этапе исследования необходимо было определить коэффициент загрузки каждого трансформатора 10/0,4 кВ. Для этого использовались статистические данные по сельским потребителям. Учитывалась средняя потребляемая мощность как отдельных потребителей, так и групп потребителей, запитанных от одной линии электропередач. При анализе мощности промышленных объектов бралось во внимание максимально-загруженная смена в максимально-загруженный сезон. Результаты аналитических и математических исследований отображены в таблице 1.

Таблица 1. Степень загруженности имеющихся трансформаторов 10/0,4 кВ

КТП, №	Номинальная мощность, кВА	Существующая мощность, кВА	Коэффициент загрузки
№3-1	160	45,46	0,28
№3-3	250	56,56	0,23
№3-4	100	27,09	0,27
№3-6	100	46,28	0,46
№4-1	100	46,38	0,46
№4-2	100	56,67	0,57
№4-3	250	73,51	0,29
№4-4	160	107,79	0,67
№6-1	63	6,86	0,11
№7-1	100	19,6	0,2

Результаты анализа показали, что лишь два трансформатора из десяти работают в оптимальном режиме.

В качестве решения проблемы было принято решение об изменении трассировки ряда линий электропередач и перегруппировки некоторых трансформаторов. На рисунке 2 показаны трассы линий 0,4 кВ до оптимизации, а на рисунке 3 – после.

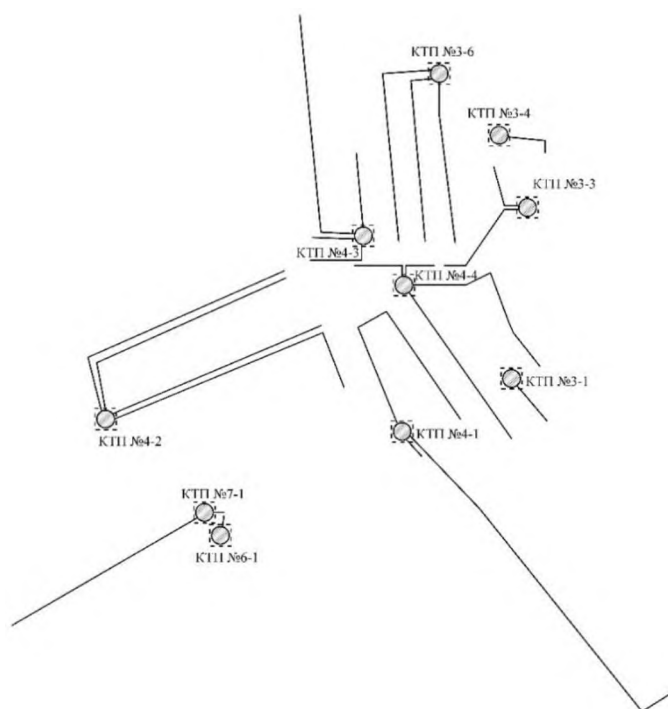


Рисунок 2. Расположение трасс ВЛ на плане населенного пункта

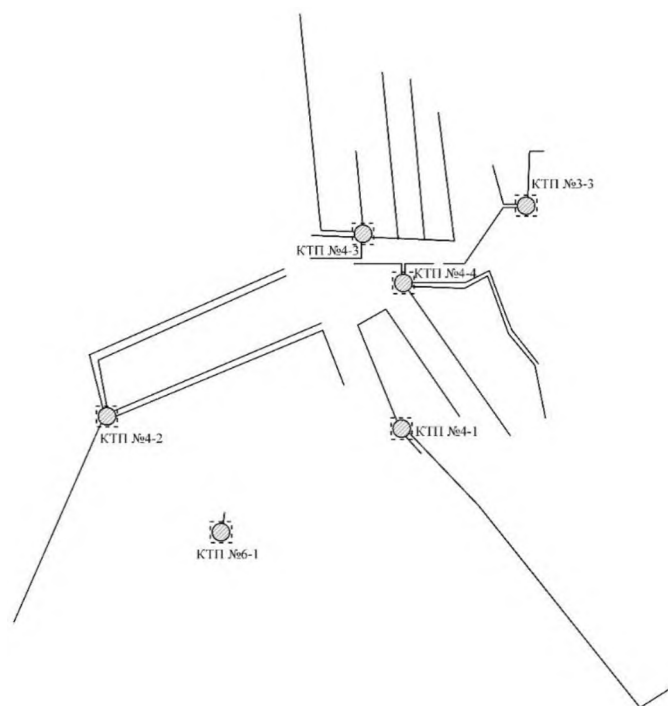


Рисунок 3. Расположение трасс ВЛ с учетом оптимизации

Сплошными линиями на рисунках 2 и 3 показаны ВЛ 0,4 кВ. Заштрихованные окружности – комплектные трансформаторные подстанции. Линии 10 кВ на рисунках не показаны, так как изменений их трассировки в проекте не рассматривались в виду малой эффективности данного мероприятия.

Помимо смены трассировки некоторых участков сетей 0,4 кВ были выполнены манипуляции с трансформаторами КТП. Поменяны места трансформаторов в КТП №3-3 и №4-4. После этого нагрузку КТП № 3-4 запитываем от №3-3, при этом линию сильно менять не придется. Так же можно нагрузку КТП №3-1 запитать от №4-4. В КТП №4-2 устанавливаем высвободившийся трансформатор 160 кВА и запитываем от него нагрузку КТП №7-1, перенеся соответствующую линию. Потребителей КТП №3-6 запитываем от №4-3.

В результате описанных манипуляций высвобождается четыре трансформатора мощностью 100 кВА, продажа которых с легкостью перекроет вложения, связанные с переносом линий и трансформаторов.

Заключение

Предложенные действия по оптимизации электрических сетей 0,4 кВ позволят уменьшить количество КТП, что облегчит и удешевит дальнейшие плановые мероприятия по обслуживанию энергетического оборудования. Перевод оставшихся трансформаторов на более оптимальные коэффициенты нагрузки позволит снизить электрические и, как следствие, экономические потери. Высвобожденные трансформаторы могут быть проданы, либо задействованы в других проектах.

Предлагаемые манипуляции по минимизации электрических потерь можно масштабировать, переносить на прочие населенные пункты, так как текущий спрос на электроэнергию в сельских местностях недостаточен.

Литература:

1. Молдыракымова Н.Б., Жармагамбетова М.С. Повышение энергетической эффективности электрооборудования подстанций и электрических сетей // Материалы международной научно-практической конференции «Фёдоровские чтения». – Москва: Издательский дом МЭИ, 2021. С. 128-132.
2. Федоренко Е.А., Гребнев В.Е., Бебко Д.А., Кривцун Н.Н. Электроснабжение в АПК, проблемы и перспективы развития // Материалы международной научной конференции «Анализ проблем и поиск перспективных научных решений». – Санкт-Петербург: Международный институт перспективных исследований имени Ломоносова, 2024. - С. 34-35.
3. Безик В.А., Пыталев Д.В., Исмаев А.Ш., Пышкин Д.А. Пути снижения потерь и повышения надежности электроснабжения в сельских распределительных сетях 0,4 кВ // Материалы национальной научно-технической конференции «Проблемы энергообеспечения, автоматизации, информатизации и природопользования в АПК». – Брянск: Брянский государственный аграрный университет, 2024. - С. 28-31.

References:

1. Moldyrakymova N.B., Zharmagambetova M.S. Povyshenie energeticheskoy effektivnosti elektrooborudovaniya podstancij i elektricheskikh setej // Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Fedorovskie chteniya». – Moskva: Izdatelskij dom MEI, 2021. - S. 128-132.
2. Fedorenko E.A., Grebnev V.E., Bebko D.A., Krivcun N.N. Elektrosnabzhenie v APK, problemy i perspektivy razvitiya // Materialy mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii «Analiz problem i poisk perspektivnyh nauchnyh reshenij». – Sankt-Peterburg: Mezhdunarodnyj institut perspektivnyh issledovanij imeni Lomonosova, 2024. - S. 34-35.
3. Bezik V.A., Pytalev D.V., Ismatov A.Sh., Pyshkin D.A. Puti snizheniya poter i povysheniya nadezhnosti elektrosnabzheniya v selskikh raspredelitelnyh setyah 0,4 kV // Materialy nacionalnoj nauchno-tehnicheskoy

konferencii «Problemy energoobespecheniya, avtomatizacii, informatizacii i prirodopolzovaniya v APK».
– Bryansk: Bryanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2024. - S. 28-31.

Information about the authors:

Latypov S.I. – corresponding author, PhD, associate professor, «Energetic and radioelectronics» chair, Kozybayev University, Petropavlovsk, Kazakhstan; e-mail: slatypov@mail.ru;

Kashevkin A.A. – PhD, associate Professor, head of the Department of «Energy and Radioelectronics» chair, Kozybayev University, Petropavlovsk, Kazakhstan; email: kashevkin2004@mail.ru;

Fominyh S.S. – student, Kozybayev University, Petropavlovsk; e-mail: fominyh.2003@mail.ru.