

**ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И БЕСПЕРЕБОЙНОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ООО "ПЕНЗАМОЛИНВЕСТ"
IMPROVING RELIABILITY AND UNINTERRUPTED POWER CONSUMPTION
OF PENZAMOLINVEST LLC**



DOI:10.24411/2588-0209-2021-10308

Долотин Алексей Иванович, кандидат технических наук, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет)», г. Москва,

Тусков Андрей Анатольевич, кандидат экономических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», г. Пенза, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет)», г. Москва,

Шифрин Игорь Олегович, ассистент, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет)», г. Москва,

Якушкин Владислав Сергеевич, студент 2 курса магистратуры, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет)», г. Москва,

Dolotin A.I. alexivm@mail.ru

Tuskov A. A. tuskov@mail.ru

Shifrin I.O. ishifrin2012@yandex.ru

Yakushkin V.S.

Аннотация

Экономическая эффективность любого предприятия зависит от большого количества факторов. Одним из таких факторов является бесперебойное снабжение электроэнергией. Перебои в подачи электроэнергии на предприятие приводят к остановке технологических процессов. В связи с этим большое значение имеет вопрос повышения надежности электроснабжения предприятия.

Summary

The economic efficiency of any enterprise depends on a large number of factors. One of these factors is the uninterrupted supply of electricity. Interruptions in the supply of electricity to the enterprise lead to the shutdown of technological processes. In this regard, the issue of improving the reliability of the company's power supply is of great importance.

Ключевые слова: экономическая эффективность, надежность электроснабжения, бесперебойное потребление электроэнергии.

Keywords: economic efficiency, reliable power supply, uninterrupted power consumption.

Основной деятельностью общества с ограниченной ответственностью «Пензамолинвест» является выращивание сельскохозяйственной птицы. Обеспечение надежной и бесперебойной поставки электрической энергии необходимо в целях нормального функционирования предприятия.

В настоящее время электроснабжение ООО «Пензамолинвест» осуществляется по второй категории надежности электроснабжения с обеспечением от двух независимых и взаиморезервируемых источников питания, перерыв подачи электроэнергии которого допускается на момент выезда оперативной бригады. Источником питания энергопринимающих устройств предприятия выступает понижающая трансформаторная подстанция ПС 110/10 кВ «Кривошеевка», запитанная от двух воздушных линий электропередачи ВЛ-110 кВ. Максимальная потребляемая мощность, необходимая для нормального функционирования предприятия, составляет 15 МВт. На рисунке 1 приведен годовой график потребления (по месяцам) мощности ООО «Пензамолинвест», исходя из мониторинга учета потребляемой мощности в точках ее поставки.

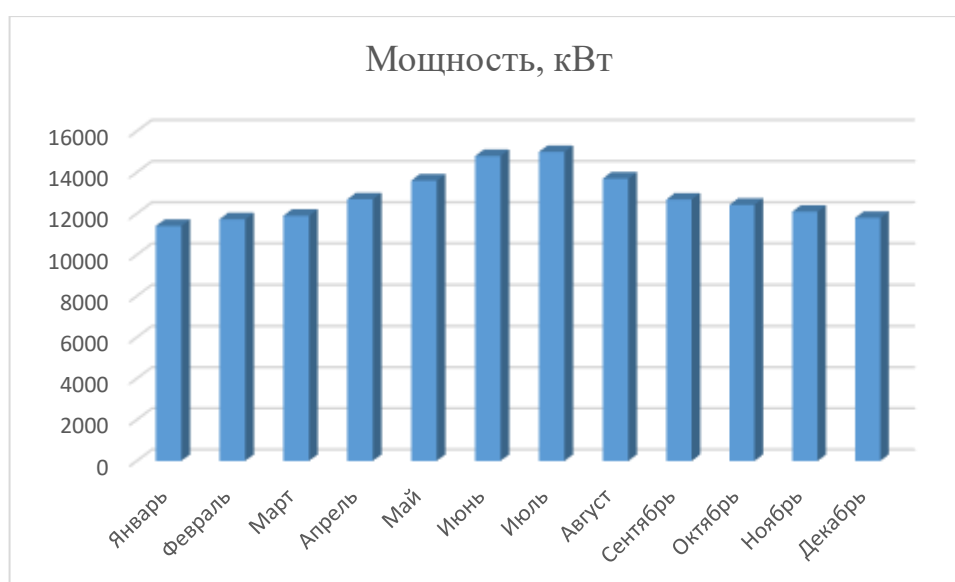


Рисунок 1 – Годовой график потребления электрической энергии ООО «Пензамолинвест»

Исходя из вышеуказанного графика видно, что максимальная мощность выбирается предприятием в июле, что соответствует климатическому периоду с максимальной температурой. Доведение потребления до пиковой мощности обусловлено участием

энергопринимающих устройств, обеспечивающих вентиляцию и кондиционирование помещений по выращиванию сельскохозяйственной птицы.

Учитывая годовое число часов использования максимума нагрузки $T_m = 3000$ ч, общее годовое потребление электрической энергии предприятием составит по выражению (1) 45000 МВтч:

$$W_{\text{год}} = T_m \cdot P_{\text{макс}}, \quad (1)$$

где $P_{\text{макс}}$ – максимальная потребляемая мощность предприятием, кВт.

Среднегодовой график потребления электрической энергии исходя из максимальной потребляемой мощности и годового числа часов использования максимума нагрузки за десятилетний период с 2010 по 2020 годы приведен на рисунке 2.

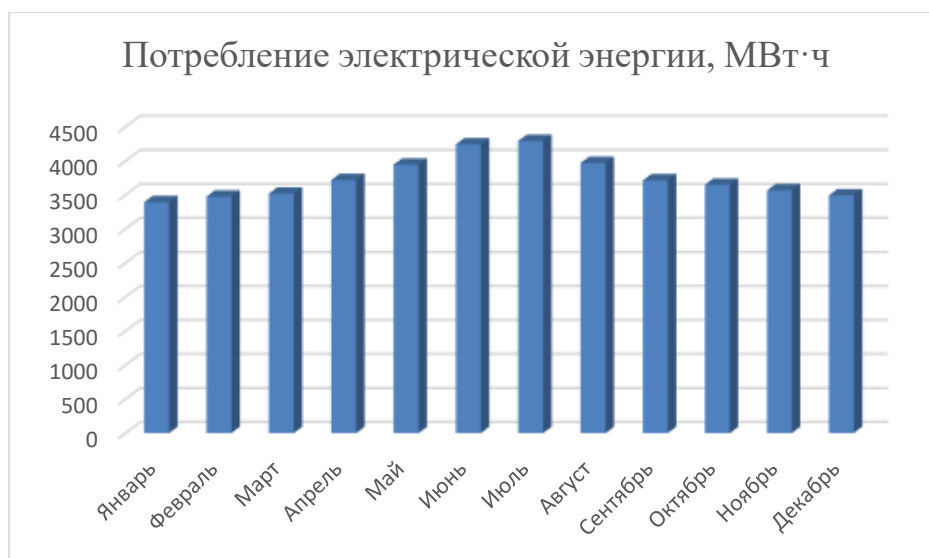


Рисунок 2 – Месячное потребление электрической энергии ООО «Пензамолинвест»

В соответствии с графиком, приведенным на рисунке 2, отмечается сохранение потребляемого пика электрической энергии в июле.

Недоотпуск электрической энергии оказывает негативное влияние как на предприятие, занимающееся выращиванием сельскохозяйственной птицы, так и для сетевой организации, обеспечивающей поставку электрической энергии потребителю. Рассматриваемый период с 2010 по 2020 годы отмечен интервалами перебоев в поставке электрической энергии, приведенными на рисунке 3.

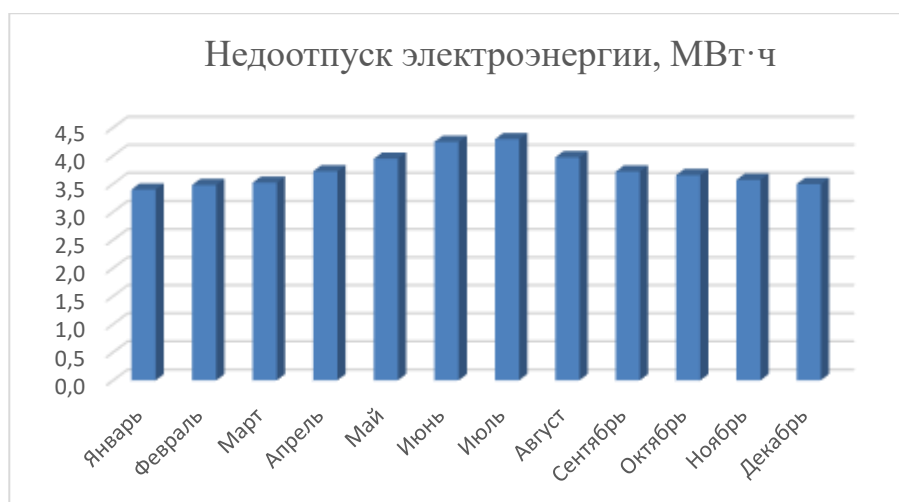


Рисунок 3 – Средний недоотпуск электрической энергии за десятилетний период на предприятии ООО «Пензамолинвест»

Недоотпуск электрической энергии вызван прежде всего повреждениями или авариями в энергосистеме или в системе электроснабжения предприятием. В результате вынужденного перерыва в электроснабжении может наблюдаться частичное или полное исчезновение питания электрической энергией в послеаварийных режимах. Учитывая возможные риски, вызванные перебоями в поставках электрической энергии, система электроснабжения должна быть выполнена так, чтобы обеспечить прежде всего работу основных производств предприятия.

Перерыв в электроснабжении (частичный или полный), как правило, может возникнуть в связи с дефицитом мощности энергосистемы, различной продолжительности в различное время суток. Подобные перерывы заранее предусматриваются и учитываются в программе производства. Для систем электроснабжения специальные дополнительные меры не предусматриваются, кроме планового отключения менее ответственных потребителей (обычно 3-й категории).

Возникающий в результате перерыва питания электрической энергией ущерб относят к основным и он является наиболее объективным критерием для выбора степени надежности электроснабжения. Он определяется по минимуму приведенных годовых затрат Z , учитывающая вероятный ущерб $У$. Он зависит от совокупности нарушения электроснабжения в течении одного года и может быть определен следующей формулой:

$$Z = p_n \cdot K + W_K + Y \quad (2)$$

где Z_k – затраты на компенсацию реактивной мощности;

$И$ – затраты на эксплуатацию оборудования;

p_n – нормирующий коэффициент равный 0,12;

K – единовременные капитальные вложения.

Для увеличения степени надежности снабжением электрической энергией устанавливают оборудование с большим запасом прочности и, как правило, более дорогостоящее. Данный вариант ведет к удорожанию капитальных затрат K , но также и к уменьшению ожидаемого ущерба $У$. В результате проводится анализ затрат на оборудование и ожидаемого ущерба для

учета их влияния на суммарные приведенные затраты Z . Если экономия от предотвращения ущерба U выше, чем капитальные затраты K на установку более дорогостоящего оборудования, то целесообразно устанавливать оборудование с повышенным запасом прочности.

Если проводить анализ ущерба от перерывов в питании, то нужно обратить внимание на то, что время фактического простоя потребителя t_n практически во всех случаях больше, чем время отсутствия питания потребителя $t_э$. Это объясняется тем, что к времени отсутствия питания добавляется еще время $t_{техн.}$, которое необходимо для ввода рабочего механизма в нормальный рабочий цикл. Таким образом, время простоя определяется:

$$t_n = t_э + t_{техн.} \quad (3)$$

При определении ущерба, необходимой степени надежности, а также способов резервирования питания, необходимо учесть особенность производства, чтобы определить допустимый перерыв подачи электрической энергии.

Время перерыва $t_э$ состоит из перерыва по вине источника питания $t_{э1}$ и времени восстановления электроснабжения электроприемника после восстановления подачи электроэнергии. Помимо этого, существует также минимально допустимый перерыв питания t_0 , который не отразится на работе механизмов в силу их большой инерционности или особенности технологического цикла. Перерыв t_0 или менее не вызывает нарушений производственных процессов и соответственно не приводит к ущербу. Значение t_0 зависит от специфики производства. Данное значение колеблется в довольно больших пределах (от 1 с до 30 мин и более). При проектировании системы электроснабжения предприятия необходимо определять время t_0 для расчета надежности энергосистемы, для определения затрат на резервирование в технологической и электрической части, а также оценки ущерба при перерыве электроснабжения.

Различают прямой (непосредственный) и косвенный (дополнительный) ущерб.

Под прямым ущербом понимают:

- стоимость простоя рабочей силы, если ее не удастся использовать на других работах,
- выход из строя, сокращение срока службы, повреждение инструментов и оборудования, механизмов и приспособлений и т.д.

Энергетический ущерб — потери на нагрев, утечки паров, газов и т.д.

Ущерб от брака продукции, порчи сырья, полуфабрикатов и материалов.

Ущерб от расстройств технологического цикла или ухудшение его технико-экономических показателей.

Из убытка необходимо вычитать стоимость испорченного сырья, материалов, продукции, а также учитывать стоимость утилизации испорченного сырья или продукции.

В общем виде полную величину прямого ущерба Y_n можно вычислить по формуле:

$$Y_n = Y_{n0} + Y_{n(t)} + Y_{n(техн)} \quad (4)$$

где Y_{n0} — не зависящая от длительности перебоев питания составляющая прямого ущерба,

$Y_{n(t)}$ — зависящая от длительности перерыва питания составляющая прямого ущерба,

$Y_{n(t_{техн.})}$ — часть прямого ущерба, которая учитывает затраты на восстановление технологического цикла. При равенстве для ущерба $t_э \leq t_0 + Y_n = 0$ где $t_э$ и t_0 см. выше.

Ущерб, полученный в результате недовыпуска продукции из-за перебоя в подаче электрической энергии называют дополнительным.

Его можно выразить следующей формулой:

$$\Delta\Pi = n_0 \cdot (t_3 + t_{\text{техн.}} - t'_3 + t'_{\text{техн.}}) \quad (5)$$

где n_0 – часовой выпуск при нормальном режиме работы завода, фабрики; $t'_{\text{техн.}} = \frac{\Pi_{\text{пуск}}}{n_0}$

Приведенное время пускового режима после аварии, послеаварийное приведенное время пуска, когда выпуск продукции меньше чем n_0 ;

$\Pi_{\text{пуск}}$ – продукция, которая выпускается при разворачивании нормального цикла производства после аварийного перерыва электроснабжения;

t'_3 учитывает возможность выпуска продукции при перерыве электропитания.

Годовой недовыпуск $\Delta\Pi_{\Gamma}$ определяют как:

$$\Delta\Pi_{\Gamma} = \sum_1^T n_0 \cdot t_n = \sum_1^T n_0 (t_3 + t_{\text{техн.}} - t'_3 t'_{\text{техн.}}) \quad (6)$$

где t_n – время, необходимое для полного восстановления производства,
 m – ожидаемое количество сбоев в подаче электрической энергии.

Ежемесячный ущерб от недоотпуска электроэнергии сетевой компании приведен на рисунке 4.



Рисунок 4 – Ежемесячный ущерб от недоотпуска электроэнергии потребителю ООО «Пензамолинвест»

Вместе с тем, недоотпуск электроэнергии стоит вычитать из общих затрат, понесенных предприятием в период ущерба от перерыва электроснабжения, сопровождающего потерями от производства сельскохозяйственной птицы. Ущерб от производства сельскохозяйственной птицы, в рамках недоотпуска электроэнергии и поставки некачественной электроэнергии, приведен на рисунке 5

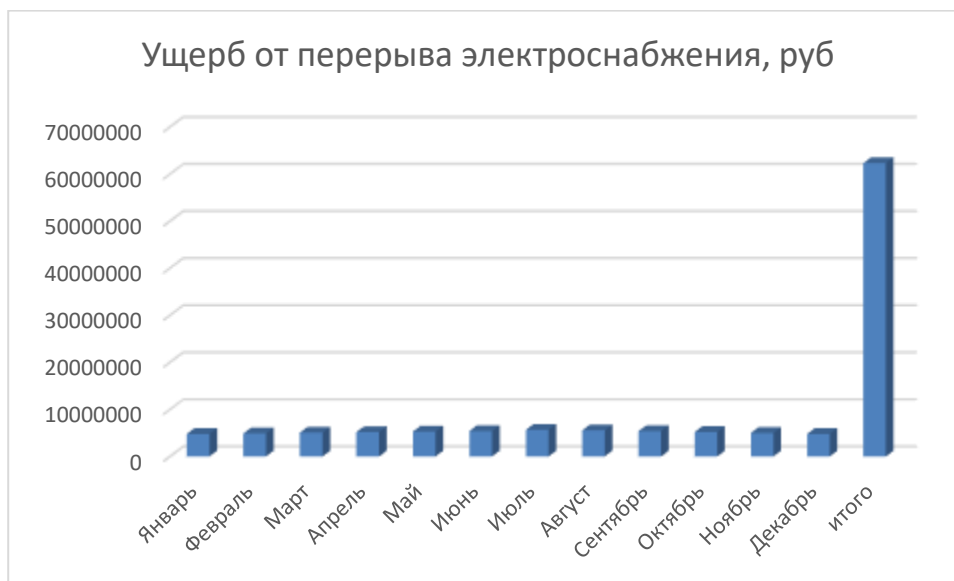


Рисунок 5 – Ущерб предприятию ООО «Пензамолинвест» от некачественной электроэнергии и ее недотпуска

В целях устранения перерыва электроснабжения предлагается установка современного оборудования, обеспечивающего своевременные переключения между двумя независимыми вводами и ввод резервного питания от газопоршневой установки в период, когда от основного и резервного ввода не будет поступать питания.

Схема электроснабжения, после реализации мероприятий, представлена на рисунке 6.

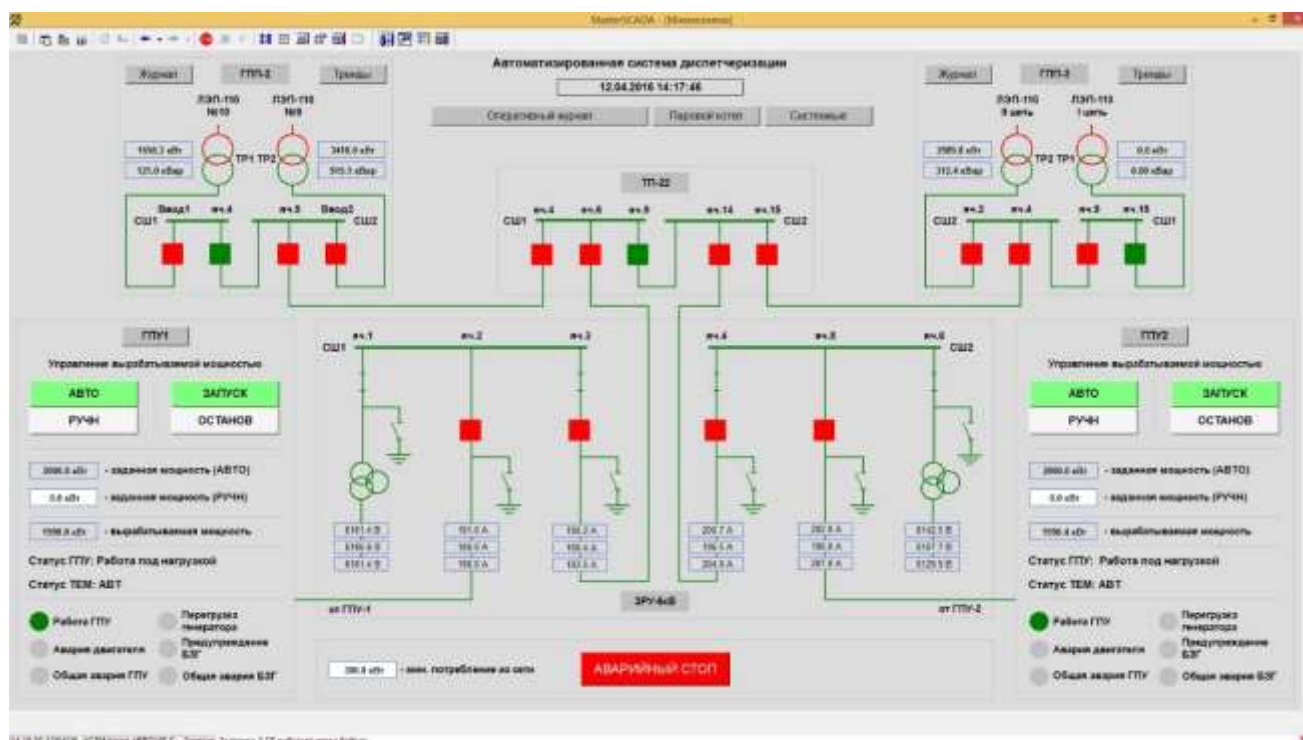


Рисунок 6 – Схема электроснабжения ООО «Пензамолинвест»

В таблице 1 сведены ущерб от недоотпуска электроэнергии, ущерб от перерыва электроснабжения предприятию ООО «Пензамолинвест» и затраты на реализацию мероприятий, направленных на повышение надежного электроснабжения.

Таблица 1 – Финансовые показатели

Наименование	Стоимость, руб
Ежегодный ущерб от недоотпуска электроэнергии	675045
Ежегодный ущерб предприятию от недоотпуска электроэнергии	62349990
Затраты на мероприятия по повышению надежности	53254870

Срок окупаемости предложенных мероприятий по переоснащению производства составит 0,85 лет.

Литература

1. Диаковский, Д.В. Анализ существующего состояния энергоснабжения на территории пензенской области, Д.В. Диаковский, А.И. Долотин, А.Ю. Горелов, А.В. Иванов // Национальная безопасность в эпоху индустрии 4.0 - сб. научн. статей по материалам всерос. научно-метод. конф. с междунар. участием. - Пенза: Изд-во ПГУ, 2019

2. Русаков, В.А. Проблемы технологического присоединения распределённой генерации к распределительным электрическим сетям, обеспечивающим электроэнергией предприятия пищевой промышленности, В.А. Русаков, А.И. Долотин, М.В. Замковой, И.Р. Мухаматгареев // Национальная безопасность в эпоху индустрии 4.0 - сб. научн. статей по материалам всерос. научно-метод. конф. с междунар. участием. - Пенза: Изд-во ПГУ, 2019

Literatura

1. Diakovskii, D.V. Analiz sushchestvuyushchego sostoyaniya ehnergosnabzheniya na territorii penzenskoi oblasti, D.V. Diakovskii, A.I. Dolotin, A.YU. Gorelov, A.V. Ivanov // Natsional'naya bezopasnost' v ehpokhu industrii 4.0 - sb. nauchn. statei po materialam vseros. nauchno-metod. konf. s mezhdunar. uchastiem. - Penza: Izd-vo PGU, 2019

2. Rusakov, V.A. Problemy tekhnologicheskogo prisoedineniya raspredelennoi generatsii k raspredelitel'nym ehlektricheskim setyam, obespechivayushchim ehlektroehnergiei predpriyatiya pishchevoi promyshlennosti, V.A. Rusakov, A.I. Dolotin, M.V. Zamkovi, I.R. Mukhamatgareev // Natsional'naya bezopasnost' v ehpokhu industrii 4.0 - sb. nauchn. statei po materialam vseros. nauchno-metod. konf. s mezhdunar. uchastiem. - Penza: Izd-vo PGU, 2019