

УДК 621.311

ВЛИЯНИЕ СЕЗОННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА И МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**INFLUENCE OF SEASONAL CLIMATE CHANGES AND METEOROLOGICAL FACTORS ON ELECTRIC SUPPLY IN THE REPUBLIC OF BELARUS**

П.А. Крупень

Научный руководитель – С.В. Константинова, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет
г. Минск, Республика Беларусь

P. Krupen

Supervisor – S. Konstantinova, Candidate of Technical Sciences, Docent
Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

***Аннотация:** В статье рассмотрены основные составляющие сезонных колебаний климата и метеорологических факторов. Их принципы и опасность воздействия на систему электроснабжения.*

***Abstract:** The article examines the main components of seasonal climate fluctuations and meteorological factors. Their principles and the danger of impact on the power supply system.*

***Ключевые слова:** сезонные изменения климата, метеорологические факторы, линии электропередач, экстремальные погодные явления, зависимость потребления.*

***Keywords:** seasonal climate changes, meteorological factors, power lines, extreme weather events, consumption dependence.*

Введение

Сезонные изменения климата различными способами могут оказывать существенное влияние на выработку электроэнергии. Их влияние сказывается на относительно большие временные промежутки. В основном их проявление заметно в следующих сферах: потребности в отоплении и охлаждении помещений, изменение потребления освещения в связи с варьированием светового дня, использование дополнительных бытовых приборов, производство возобновляемых источников энергии, расходы во всех видах транспорта, влияние на потребление промышленностью и т.д.

Метеорологические факторы являются более кратковременными причинами влияния на энергообеспечение и ограничиваются временными промежутками от нескольких часов до нескольких дней. Влияние выражается: в перепадах температуры, изменению влажности, повреждении электросетей высокой скоростью ветра, падении освещённости, выпадению осадков и т.д.

Основная часть**Особенности энергообеспечения в Республике Беларусь**

На территории Республики Беларусь преобладает умеренный и умеренно-континентальный климат. Такой тип климата обеспечивает относительно теплое лето (приблизительно +17— 18°C) и прохладную зиму (приблизительно от

+4°C до -4°C). В среднем за год выпадает около 550—650 мм осадков, что является не критичным параметром.

В соответствии с этими данными для Беларуси можно использовать линии электропередач следующих типов:

1) Кабели из сшитого полиэтилена (широко используются в различных климатических условиях благодаря своим термическим и механическим свойствам);

2) Полностью алюминиевый проводник ААС (легкие и обладают хорошей проводимостью);

3) Алюминиевый проводник, армированный сталью АСРС (то же, что и ААС, но обладают большей механической прочностью);

4) Воздушные кабели АВС (предназначены для распределения электроэнергии по воздуху);

5) Кабели с ПВХ изоляцией (обычно используются для подземного распределения электроэнергии);

6) Кабели с изоляцией из этиленпропиленовой резины (обеспечивают хорошую устойчивость к теплу, холоду и воздействию окружающей среды);

7) Кабели с медными проводниками (обладают лучшими свойствами электропроводности, прочности и теплопроводности по сравнению с алюминиевыми, но сильно выше в стоимости).

Беларусь во многом полагается на импорт значительной части своих энергетических потребностей, включая природный газ и нефть. Сезонные колебания спроса на энергию в сочетании с колебаниями цены влияют на доступность и стоимость импортируемых энергоресурсов.

Также существуют колебания климатических условий по причине изменения климата. В последние годы они становятся все более заметными и требуют новых подходов к техническому исполнению. Их можно разделить на:

1) Физические (воздействие ветра, влажности, осадков и т.д.);

2) Переходные (снижение воздействия на окружающую среду).

Экстремальные погодные явления

Эти погодные явления создают наибольшие риски для линий электропередачи. К примеру, они способны нанести физический ущерб путём разрыва, провисания или обрушения ЛЭП. Увеличивается риск контакта между линиями электропередачи и деревьями, зданиями или другими конструкциями. В целом влияние экстремальных погодных явлений подчеркивает важность таких превентивных мер, как техническое обслуживание, управление растительностью и укрепление инфраструктуры, для повышения устойчивости энергосистемы и минимизации сбоев во время неблагоприятных погодных явлений.

Исследование Агеитоса Гонсалвеса показывает, что на долю ураганов приходится 28—40% повреждений линий электропередач. На случаи сильных ветров и дождей 21—30%. На оледенения 3—5%. (Рисунок 1)



Рисунок 1 – Пример аварии, вызванной сильным ветром

Расчёт влияния климата на потребление

Для моделирования колебаний температуры и освещенности используется метод сезонных кривых. Почасовые значения температуры $T(n)$ и освещенности $Q(n)$ представляются в виде суммы двух компонент:

$$T(n) = T_{\text{сез}}(n) + \delta T(n); \quad (1)$$

$$Q(n) = Q_{\text{сез}}(n) + \delta Q(n). \quad (2)$$

где $T_{\text{сез}}(n)$ и $Q_{\text{сез}}(n)$ —сезонные составляющие (сезонные кривые) метеофакторов, определяемые регулярными сезонными колебаниями в разрезе года;

$\delta T(n)$ и $\delta Q(n)$ —нерегулярные отклонения метеофакторов от сезонной составляющей вследствие изменений метеорологической обстановки;

n — номер дня в году (1—365).

Сезонные кривые метеофакторов моделируются с помощью полиномов Фурье:

$$T_{\text{сез}}(n) = \frac{B_0}{2} \cdot \sum_{k=1}^N (B_k \cos kwn + B'_k \sin kwn); \quad (3)$$

$$Q_{\text{сез}}(n) = \frac{C_0}{2} \cdot \sum_{k=1}^N (C_k \cos kwn + C'_k \sin kwn) \quad (4)$$

где $B_0, B_k, B'_k, C_0, C_k, C'_k$ —коэффициенты разложения Фурье; $N=4—8$.

$$w = \frac{2\pi}{T}.$$

Где $T=365$.

Зависимость потребления от метеофакторов в целом не линейна. Для упрощенной оценки их влияния применяются так называемые коэффициенты влияния. Они отражают линейную взаимосвязь отклонений нагрузки от регулярной составляющей $P_{\text{сез}}(n)$ (сезонной кривой) и отклонений температуры (освещенности) от сезонной кривой $T_{\text{сез}}(n)$.

Коэффициенты влияния температуры определяются следующим образом:

$$K_{TP} = R_{TP} \frac{\sigma_P}{\sigma_T}; \quad (5)$$

$$K_{TP(\%)} = \frac{K_{TP}}{P_{cp}} 100. \quad (6)$$

где R_{TP} — коэффициент парной корреляции отклонений температуры и потребления;

σ_P и σ_T — среднеквадратические отклонения потребления и температуры от сезонных кривых;

P_{cp} — среднее потребление за период.

Коэффициент корреляции R_{TP} , характеризующий степень линейной связи между двумя величинами, вычисляется по формуле:

$$R_{xy} = \frac{K_{xy}}{\sigma_x \sigma_y} \quad (7)$$

$$K_{xy} = M\{[x(t) - M(x)][y(t) - M(y)]\} \quad (8)$$

где K - ковариационный момент; $x(t)$, $y(t)$ — фактические значения; M , $M(x)$, $M(y)$ - математические ожидания.

Меры по смягчению последствий и адаптации энергосистемы к климатическим условиям

- 1) Повышенная оперативность и маневренность электрогенераторов;
- 2) Укрепление сетевой инфраструктуры;
- 3) Внедрение цифровых технологий для содействия динамичным потокам электроэнергии и информации;
- 4) Расширение возможностей подключения и адаптивности среди потребителей;
- 5) Корректировки с учетом изменения климата, погодных условий и изменений в поведении потребителей;
- 6) Строительство распределённых энергосистем в виде небольших энергоблоков вблизи потребителей.

Заключение

В целом, сезонные изменения климата и метеорологические факторы могут влиять на энергоснабжение в Беларуси посредством воздействия на производство возобновляемой энергии, гидроэлектроэнергию, импорт энергии и устойчивость энергетической инфраструктуры к экстремальным погодным явлениям. Играют решающую роль в формировании моделей энергопотребления в различных секторах, влияя как на динамику предложения, так и на динамику спроса. Усилия по смягчению воздействия сезонных колебаний на потребление энергии часто включают в себя такие действия, как проектирование энергоэффективных зданий, интеграция возобновляемых источников энергии и инициативы по управлению спросом. Для обеспечения надежного и устойчивого энергоснабжения необходимы эффективные стратегии энергетического планирования и управления.

Понимание взаимосвязи между метеорологическими факторами и потреблением энергии имеет значение для энергетического планирования, распределения ресурсов и разработки стратегий по повышению защищенности и энергоэффективности сети.

Литература

1. Леонович, И. И. Климат Республики Беларусь [Электронный ресурс] : пособие для студентов спец. 1-70 03 01 "Автомобильные дороги" / И. И. Леонович ; Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Строительство и эксплуатация дорог". – Минск : БНТУ, 2012
2. Бородин, А. А. Краткосрочное прогнозирование энергопотребления с учетом метеофакторов / А. А. Бородин ; науч. рук. В. И. Готман // Электроэнергетика глазами молодежи : сборник докладов V международной молодежной научно-технической конференции, г. Томск, 10-14 ноября 2014 г. : в 2 т. — Томск : Изд-во ТПУ, 2014. — Т. 2. — [С. 244-247]
3. Жилкина Ю.В., Воденников Д.А. Влияние повышения температуры наружного воздуха на работу силовых трансформаторов // Вестник МЭИ. 2023. № 6. С. 26—32. DOI: 10.24160/1993-6982-2023-6-26-32