

2. Rodionova A.V., Borovkov M.S., Ershov M.A. Obosnovanie vybrannoi chastoty elektromagnitnykh izlucheni pri fizioprofilaktike krolchat // Niva Povolzha. – 2012. – No. 1 (22). – S. 108-110.
3. Pat. 2599489 Rossiiskaya Federatsiya. Sredstvo dlya obrabotki vymeni korov / G.A. Larionov, M.A. Ershov, O.N. Dmitrieva, N.I. Endierov, E.S. Yatrusheva, M.A. Sergeeva. Zayavka No. 2015135573; zayavl. 21.08.2015; opubl. 10.10.2016. Byul. No. 28. – 4 s.: il.
4. Vishnevskii E.P. Analiz ispolzovaniya osnovnykh metodov osusheniya vozdukh // Tekhnicheskii byulleten. – 2003. – No. 1. – S. 4-6.
5. Rastimeshin S.A., Trunov S.S. Energoberegayushchie sistemy i tekhnicheskie sredstva otopeniya i ventilyatsii zhivotnovodcheskikh pomeshchenii. – M.: FGBNU VIESKh, OOO «SAM Poligrafist», 2016. – 180 s., il.
6. Trunov S.S., Tikhomirov D.A. Termoelektricheskie osushiteli vozdukh v selskokhozyaistvennykh pomeshcheniyakh // Nauka v Tsentralnoi Rossii. – 2018. – No. 2. – S. 51-59.
7. Shostakovskii P.A. Sovremennye resheniya termoelektricheskogo okhlazhdeniya dlya radioelektronnoi, meditsinskoi promyshlennosti i bytovoii tekhniki // Komponenty i tekhnologii. – 2010. – No. 1.
8. Baukin V.E., Vyalov A.P., Gershberg I.A. i dr. Optimizatsiya termoelektricheskikh generatorov bolshoi moshchnosti // Termoelektriki i ikh primeneniya. Doklady VIII Mezhdgosudarstvennogo seminar (noyabr 2002 g.). – SPb.: FTI, 2002.
9. Dektyarev N.V., Barkalov B.V., Arkhipov G.V., Pavlov R.V. Konditsionirovanie vozdukh. – M.: Gosudarstvennoe izdatelstvo literatury po stroitelstvu i arkhitekture. – 518 s.
10. Lebed A.A. Mikroklimat zhivotnovodcheskikh pomeshchenii. – M.: Kolos, 1984. – 199 s.
11. Kirsanov V.V., Kravchenko V.N., Filonov R.F. Primenenie termoelektricheskikh modulei v pasterezatsionno-okhladitelnykh ustanovkakh dlya obrabotki zhidkikh pishchevykh produktov: monografiya. – M.: FGOU VPO MGAU, 2011. – 88 s.
12. Anutosh Chakraborty. Thermoelectric Cooling Devices: Thermodynamic Modelling and Their Application in Adsorption Cooling Cycles / A thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy. Department of Mechanical Engineering, National University of Singapore. – 2005. – 242 p.
13. Huang, Bin-Juine & Chin, C.J & Duang, C.L. (2000). Design method of thermoelectric cooler. *International Journal of Refrigeration*. 23 (3): 208-218.
14. Manoj B. Dhawade, Ekta Mourya, Anurag Yadav, David Samuel, Suprabhat A. Mohod, Vaibhav N. Deshpande (2015). Review on portable solar thermoelectric refrigerator cum air cooler. *International Journal of Advance Research in Science and Engineering*. 4 (10): 44-58.



УДК 621.311

А.К. Корякин, Г.Е. Кокиева
A.K. Koryakin, G.Ye. Kokiyeva

ПРОЦЕСС РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ В РАЙОНАХ СЕВЕРА

THE DEVELOPMENT OF ELECTRICAL POWER SUPPLY SYSTEM IN THE NORTHERN REGIONS

Ключевые слова: прогнозирование, уровни энергопотребления, электроснабжение, перспективы развития, районная энергосистема, резервная мощность, распределительные сети, объединение узлов, системообразующие сети, электроснабжение, электрическая энергия, имитационный подход, централизация, социально-экономическое воздействие, эффективность, населенный пункт.

Задача обоснования целесообразности использования электроэнергии для целей теплоснабжения относится к комплексным региональным проблемам развития энергетики. Применение электроэнергии для целей теплоснабжения является одним из направлений решения

проблемы теплоснабжения потребителей в средних и небольших промышленных узлах, ликвидации мелких и, в большинстве случаев, неэкономичных котельных. Для каждого набора исходной информации, характеризующей местные условия функционирования узлов, рассматриваются два альтернативных варианта электроснабжения: изолированная работа энергоузлов и объединенная при снижении линии связи. При разработке нормативно-методических материалов по прогнозированию энергопотребления северных регионов территорий необходим более полный учёт региональных особенностей, специфических условий развития экономики и энергоснабжающих систем. При разработке рациональной схемы электроснабжения в исследовании перспектив

развития электроэнергетических систем необходимо исследовать сам объект – энергосберегающую систему различного уровня развития, условия в которых эта система функционирует, а также исследовать взаимодействия с системами тепло- и топливоснабжения. При такой постановке проблема централизации электроснабжения проявляется в том, что между уровнем централизации (степенью развития энергоснабжающих систем) и уровнем развития народного хозяйства при определенной степени развития систем- и топливоснабжения существует прямая зависимость. Задача исследования сводится к определению этой зависимости, т.е. к исследованию условий централизации энергоснабжения, на основе которых определяется рациональная схема энергоснабжения потребителей той системы, которая рассматривается.

Keywords: forecasting, power consumption levels, electrical power supply, prospects of development, district electrical power system, balance power, distributing network, connection of units, backbone networks, electricity supply, electrical power, simulation approach, centralization, social and economic impact, effectiveness, residential place.

The task of justification of expediency of using electric power for the purposes of heat supply belongs to complex regional problems of development of power. The use of elec-

tricity for heat supply is one of the ways to solve the problem of heat supply to consumers in medium and small industrial units, the elimination of small and, in most cases, uneconomical boilers. For each set of initial information characterizing local conditions of functioning of units, two alternative options of power supply are considered: the isolated work of power units and combined at reduction of the communication line. When developing regulatory and methodological materials for forecasting energy consumption in the Northern regions, it is necessary to take more complete account of regional features, specific conditions for the development of the economy and power supply systems. When developing a rational scheme of power supply in the study of the prospects for the development of electric power systems, it is necessary to study the object itself – an energy-saving system at various levels of development, the conditions in which this system operates, as well as to study the interaction of heat and fuel supply systems. In this context, the problem of centralization of electric power supply is manifested in the fact that between the level of centralization (the degree of development of power supply systems) and the level of development of the national economy with a certain degree of development of systems and fuel supply there is a direct relationship. The task of the study is to determine this dependence, i.e. to study the conditions of centralization of electric energy supply, on the basis of which a rational scheme of energy supply to consumers of the system is determined.

Корякин Александр Кимович, к.т.н., доцент каф. «Энергообеспечение в АПК», Якутская государственная сельскохозяйственная академия. E-mail: pita66@mail.ru.

Кокиева Галия Ергешевна, д.т.н., проф. каф. «Прикладная механика», Якутская государственная сельскохозяйственная академия. E-mail: kokievagalia@mail.ru.

Koryakin Aleksandr Kimovich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Chair Electrical Power Supply in Agricultural Industry, Yakutsk State Agricultural Academy. E-mail: pita66@mail.ru.

Kokiyeva Galiya Yergeshevna, Dr. Tech. Sci., Prof., Chair of Applied Mechanics, Yakutsk State Agricultural Academy. E-mail: kokievagalia@mail.ru.

Введение

Одним из направлений развития централизованного энергоснабжения является применение электроэнергии для целей теплоснабжения. Задача обоснования целесообразности использования электроэнергии для целей теплоснабжения относится к комплексным региональным проблемам развития энергетики. Определение масштабов и целесообразности развития электротеплоснабжения должно рассматриваться при исследовании перспектив развития энергетики региона. С одной стороны, ЭТС рассматривается при исследовании развития систем электроснабжения, поскольку применение ЭТС связано с электропотреблением, тем самым может повлиять на структуру генерирующих мощностей в регионе; улучшить экономические показатели действующих и проектируемых электрогенерирующих источников (за счет изменения режимов работы и увеличения мощностей); создать реальные предпосылки к объединению энергоузлов и энергосистем [1-4].

Существующие методы прогнозирования в энергетике создавались в основном применительно к задачам развития крупных энергообъединений и районных энергосистем на обжитой территории страны. В то же время для решения задач развития энергетики отдаленных районов необходимо обеспечение методическими разработками.

Распространение существующих методик на северную зону, особенно на районы Крайнего Севера, приводит к значительным погрешностям и снижению надёжности прогнозов.

Задача прогнозирования уровней энергопотребления является одной из основных задач при исследовании перспектив развития региона и в частности развития систем электроснабжения [1, 2, 5-10].

С одной стороны, прогнозирование уровней электропотребления является задачей макроэкономического уровня в виду того, что развитие отраслей экономики определяет потребности в

энергии. С другой стороны, качественный прогноз уровней электропотребления определяет направления и масштабы развития электроснабжающих систем. Отмеченные особенности выдвигают следующие требования в методическом подходе прогнозирования уровней энергопотребления районов Севера:

- разработка комплексного подхода к прогнозированию уровней энергопотребления. Важны совместное рассмотрение и взаимная увязка прогнозов электро- и теплоснабжения;

- увеличение временного интервала прогнозирования в связи с необходимостью учета сроков сооружения энергоисточников, обеспечивающих как покрытие потребности в энергии, так и оказывающих сильнее обратное воздействие на развитие производительных сил.

Учитывая выделенные требования, необходимо исследовать особенности энергопотребления в районах Севера в увязке с современной экономической ситуацией и развитием производительных сил, провести анализ возможностей использования различных методов прогнозирования энергопотребления [3]. Методический подход к исследованию прогнозирования энергопотребления региона основан на сочетании методов прогнозирования и методов имитационного моделирования структуры энергоносителей посредством определения прогнозной структуры энергопотребления. Увязка развития энергетики и экономики осуществляется при комплексном и отраслевом прогнозировании.

Методика исследования

Учитывая вышеизложенное, можно выделить круг задач территориального прогнозирования: разделение энергопотребления по секторам, распределение энергопотребляющих узлов по концентрации электрических и тепловых нагрузок, разработка локальных прогнозов энергопотребления, выявление условий централизации электроснабжения и увязка прогнозов энергопотребления по уровням территориальной иерархии. При прогнозировании территориального энергопотребления наиболее целесообразно применение нормативного метода с использованием дифференциальных в территориальном разрезе удельных норм расхода электроэнергии и теплоты с выделением производственной и коммунально-бытовой сферы.

В таблице представлены возможности централизации.

В виду отмеченной специфики условий формирования изолированных энергоузлов процессы централизации проходят по разному. В таблице приведены процессы централизации путём присоединения в состав ОЭУ.

Таблица

Процессы централизации путем присоединения в состав ОЭУ

Централизация путем присоединения в состав ОЭУ	Централизация путем увеличения мощности генерирующего оборудования
Процесс присоединения ИЭУ к системе происходит лучеобразным способом. Под лучеобразным способом присоединения подразумевается объединение ИЭУ, находящихся вдоль одной трассы, связь которых осуществляется без замкнутых контуров	Увеличение мощности генерирующего оборудования (расширения, строительства новой станции) при подключении новых потребителей и, соответственно, сам ИЭУ переходит на другую ступень централизации, образуя ОЭУ

Основная часть

К задаче оценки эффективности ЭТС возможно применение имитационного подхода с разработкой моделей статистической аппроксимации. При данном подходе используются все преимущества методики оценки эффективности ЭТС с разработкой оценочной модели. Методический подход к задаче определения эффективности ЭТС, основанный на принципах имитации с разработкой обобщенных моделей статистической аппроксимации, предусматривает выделение следующих этапов.

1. Анализ условий функционирования потребителей.

2. Формирование совокупности расчетных условий. Выбор факторов и уровней их варьирования.

3. Проведение серии имитационных расчетов по рассмотренной оценочной модели.

4. Планирование имитационных экспериментов. Формирование план-матрицы эксперимента для получения статистических моделей затрат по вариантам вида:

$$Z_{ок} = F(Z_T, K_{терр}, L_{ТТ}, Q);$$

$$Z_{эТС} = F(Z_э, K_{И}, K_{терр}, L_{дэп}, Q).$$

5. Построение статистических моделей исследуемых показателей.

6. Определение уравнения разделяющей поверхности $Z_{ок} - Z_{эТС}$.

7. Анализ областей полученных решений.

8. Использование обобщенной модели, разделяющей поверхности эффективности вариантов теплоснабжения.

Значения показателей теплоснабжения потребителей (от котельных на органическом топливе, от электрокотельных) варьируются в весьма широких пределах. При полном переборе всех отмеченных признаков по схеме полного факторного эксперимента (ПФЭ) общее число возможных сочетаний внешних условий весьма велико (40-50 тыс. вариантов). Ввиду этого возникает необходимость в определении выборочной совокупности расчетных условий.

Для этого формируются выборочные значения внешних условий:

- затраты на топливные котельные;
- затраты на ЭТС.

Следующим этапом исследований является проведение серии имитационных расчетов по оценочной модели эффективности вариантов теплоснабжения. Значения затрат на огневые котельные зависят от: удельных затрат на топливо, территориальный коэффициент удорожания, дальность транспорта топлива, тепловая нагрузка.

Значения затрат по вариантам ЭТС зависят от показателей: удельные затраты на производство электроэнергии, удельные капиталовложения в электростанции, протяженность линий электропередач, тепловая нагрузка.

Учитывая вышеизложенное, мы получаем от значений независимых модели значений затрат по вариантам в зависимости от значений

независимых переменных. При этом в качестве откликов принимаются значения $Z_{ок}$ и $Z_{эТС}$, а в качестве переменных значения ($Z_T, Z_э, K_{И}, K_{терр}, L_{лэп}, L_{тт}, Q$). В математической постановке вопроса задача сводится к получению функции вида:

$$Z_{ок} = F(Z_T, K_{терр}, L_{тт}, Q);$$

$$Z_{эТС} = F(Z_э, K_{И}, K_{терр}, L_{лэп}, Q).$$

Для удобства представления предлагаемого подхода можно представить основную суть его в графическом виде. Если принять все условия функционирования потребителей, расположенных в i -мерном пространстве факторов, то все сочетания условий формируют гиперкуб условий вариантов, сформированных по полному факторному эксперименту (рис.).

Внутри гиперкуба находятся планы с эффективным и неэффективным ЭТС. Между этими планами существует искомая разделяющая поверхность. Построение регрессионных моделей затрат по вариантам $Z_{ок}, Z_{эТС}$ и приравнивание их друг к другу приводят к получению уравнения разделяющей поверхности эффективности вариантов $Z_{ок} - Z_{эТС} = 0$. Построение обобщенных моделей основывается на методах множественного регрессионного анализа. Поскольку обобщенные модели предназначены для сугубо качественных оценок, учитывая значительные погрешности исходной информации, не следует добиваться очень высокой точности моделирования. При прогнозных исследованиях можно примириться с погрешностями 20-30%, трактуя их с известной степенью условности, как зоны неопределенности получаемых решений.

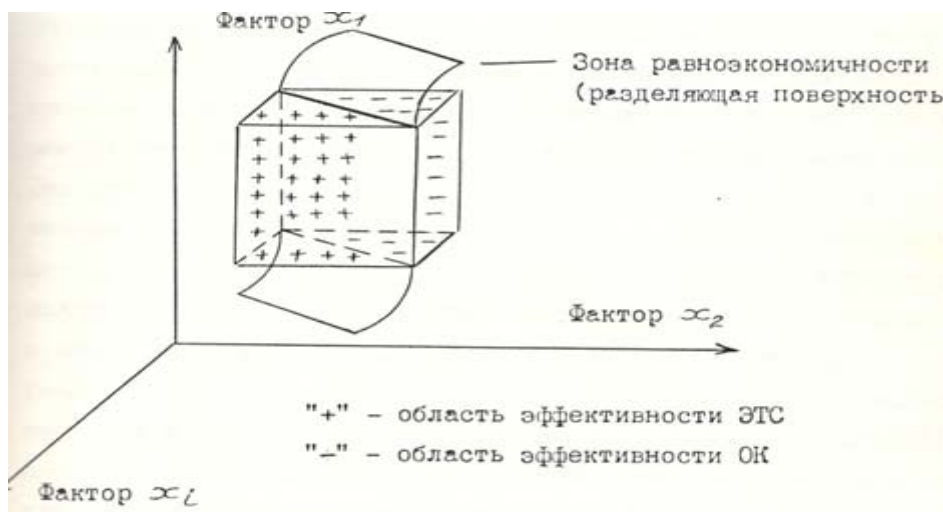


Рис. Гиперкуб ПФЭ в пространстве факторов

Заключение

Полученное уравнение разделяющей поверхности эффективности вариантов используется при оценке эффективности электротеплоснабжения. Варьируя значениями показателей (условиями функционирования), оценивается эффективность того или иного варианта теплоснабжения. Отличительной особенностью применения такого подхода является относительная простота метода, а также меньшая трудоемкость работы при оценке вариантов теплоснабжения.

Библиографический список

1. Арзамазцев Д.А., Ананичева С.С., Кожов К.Б., Мызин А.Л. и др. Имитационный подход к планированию развития ЭЭС // Оптимизация развития и эксплуатация энергосистем. – Румыния; г. Ясен, 1991. – С. 100-103.
2. Айвазян С.А. Статистические исследования зависимостей. Применение методов корреляционного и регрессивного анализа при обработке результатов экспериментов. – М.: Metallurgiya, 1968.
3. Allan, R.N., Billinton R. (1988). Concept of power system reliability evaluation. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*. Vol. 10 (3).
4. Asano H. (1992). Demand side Management of the electric power industry system. pp. 1-111, 1-15.
5. Гуроров М.М. Основы светотехники и источники света: учебное пособие. – М.: Энергоатомиздат, 2014. – 384 с.
6. Корякин А.К. Методический подход к исследованию эффективности применения электроэнергии для целей теплоснабжения / Ин-т физ.-техн. проблем Севера ЯНЦ СО РАН. – Якутск, 1993. – 19 с. Деп в ВИНТИ 09.13.93. № 3042-В93.
7. Chapman, P.F., Leach, G., Slesser, M. (1974). The energy cost of fuels. *Energy Policy*. Vol. 2 (3): 223-243.
8. Медведева Е.А., Никитин В.М. Энергопотребление и уровень жизни. – Новосибирск: Наука, 1991. – 136 с.

9. Nuclear energy cost data base. A reference data base for nuclear and coal-fired power-plant power generation cost analysis / J.J. Delene., K.A. Williams, US Department of Energy. Washington, Sept. 1988. 147 pp.

10. Ottinger P.L., et al. Environmental Costs of Electricity. United States, 1990.

References

1. Arzamatzsev, D.A., Ananicheva, S.S., Kozhov, K.B., Myzin, A.L. i dr. Imitatsionnyy podkhod k planirovaniyu razvitiya EES // Optimizatsiya razvitiya i ekspluatatsiya energosistem. – Rumyniya, g. Yasen, 1991. – S. 100-103.
2. Ayvazyan S.A. Statisticheskie issledovaniya zavisimostey. Primenenie metodov korrelyatsionnogo i regressivnogo analiza pri obrabotke rezultatov eksperimentov. – M.: Metallurgiya, 1968.
3. Allan, R.N., Billinton R. (1988). Concept of power system reliability evaluation. *International Journal of Electrical Power and Energy Systems*. Vol. 10 (3).
4. Asano H. (1992). Demand side Management of the electric power industry system. pp. 1-111, 1-15.
5. Gutorov M.M. Osnovy svetotekhniki i istochniki sveta: uchebnoe posobie. – M.: Energoatomizdat, 2014. – 384 с.
6. Koryakin A.K. Metodicheskiy podkhod k issledovaniyu effektivnosti primeneniya elektroenergii dlya tseley teplosnabzheniya. In-t fiz.-tekhn. problem Severa YaNTs SO RAN. – Yakutsk, 1993. – 19 s. Dep v VINITI 09.13.93. No. 3042-V93.
7. Chapman, P.F., Leach, G., Slesser, M. (1974). The energy cost of fuels. *Energy Policy*. Vol. 2 (3): 223-243.
8. Medvedeva, E.A., Nikitin, V.M. Energopotreblenie i uroven zhizni. – Novosibirsk: Nauka, 1991. – 136 s.
9. Nuclear energy cost data base. A reference data base for nuclear and coal-fired power-plant power generation cost analysis / J.J. Delene., K.A. Williams, US Department of Energy. Washington, Sept. 1988. 147 pp.
10. Ottinger P.L., et al. Environmental Costs of Electricity. United States, 1990.

