

## Электротехника

УДК 620.424.1

### **ВЫЯВЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТЕЙ МЕЖДУ КОЛИЧЕСТВОМ ГЕНЕРАТОРОВ, НАХОДЯЩИХСЯ В РАБОТЕ, КОЭФФИЦИЕНТОМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УСТАНОВЛЕННОЙ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ И РАСХОДОМ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА СОБСТВЕННЫЕ НУЖДЫ ТЭЦ**

*А.С. Ведерников, Е.А. Балукова*

Самарский государственный технический университет  
Россия, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

*Объектом исследования в данной статье являются электроустановки собственных нужд ТЭЦ, расход электроэнергии на которые необходимо прогнозировать с минимальной погрешностью. Для создания необходимой прогнозной модели необходимо определить факторы, влияющие на электропотребление собственных нужд электростанции. Цель данной работы состоит в нахождении зависимостей между следующими факторами: количество генераторов, находящихся в работе, коэффициент использования установленной мощности электростанции и непосредственно расход электроэнергии на собственные нужды ТЭЦ. Произведена качественная и количественная оценка путем построения графиков почасовых значений работы турбогенераторов, коэффициента использования установленной мощности электростанции и активной мощности, расходуемой на собственные нужды ТЭЦ, а также рассчитаны коэффициенты корреляции для каждого из исследуемых месяцев. Была выявлена сильная зависимость исследуемых величин, которые будут являться одними из влияющих факторов при построении прогнозной модели электропотребления собственных нужд ТЭЦ.*

**Ключевые слова:** *электропотребление, собственные нужды, коэффициент корреляции, факторы, прогнозирование.*

На электрических станциях для сокращения затрат на генерацию тепловой и электрической энергии, поставляемой на оптовый рынок электрической энергии и мощности (ОРЭМ) и отпускаемой с него, составляется сводный прогнозный баланс, который включает расходы на собственные нужды электростанции [1]. Согласно правилам ОРЭМ потребители электрической энергии обязаны корректно спланировать свое электропотребление. Такими потребителями являются электроприемники в системе собственных нужд электрических станций [2]. Участники ОРЭМ берут на себя ответственность за потребление электроэнергии, объем которого вышел за рамки установленного в соответствии с прогнозом. Отклонение в потреблении на 2 % и более от установленного значения ведет к дополнительным расходам.

---

*Александр Сергеевич Ведерников (к.т.н., доц.), заведующий кафедрой «Электрические станции».*

*Екатерина Александровна Балукова, ассистент.*

Расход электроэнергии на собственные нужды связан с особенностями выработки тепловой и электрической энергии на ТЭЦ. Динамика электропотребления в условиях генерации электрической и отпуска тепловой энергии изменяется под действием определенных факторов [3]. В ранее проведенных исследованиях были выявлены основные факторы, от которых зависит расход электроэнергии на собственные нужды ТЭЦ. Данными факторами являются отпуск тепловой энергии, генерация активной мощности и условный расход топлива на ТЭЦ [4]. В данной статье определяются зависимости путем построения диаграмм и расчета коэффициента корреляции между числом турбогенераторов, коэффициентом использования установленной мощности электростанции и значениями электропотребления собственных нужд ТЭЦ.

В качестве примера рассмотрим систему собственных нужд Новокуйбышевской ТЭЦ-2 (НК ТЭЦ-2), расположенной в Самарской области.

Электроэнергия НК ТЭЦ-2, затрачиваемая на собственные нужды котлоагрегатов, расходуется на работу следующих механизмов:

– механизмов, предназначенных для топливоподачи и топливоприготовления. Данными механизмами служат мазутные электронасосы. В режиме горячего резерва мазутопроводы заполнены мазутом и осуществляется постоянный проток мазута, подогретого до температуры 75–80 °С, через два насоса по главным напорным мазутопроводам, мазутному кольцу котельного отделения, трубопроводу рециркуляции, коллектору рециркуляции в расходный резервуар;

– механизмов котельной установки, таких как дымососы (предназначены для удаления раскаленных топочных газов через дымоход), дутьевые вентиляторы (служат для подачи в котел подогретого горячими газами в воздухоподогревателе котла воздуха для обеспечения процесса горения топлива), питательные насосы (необходимы для подачи нагретой питательной воды под большим давлением в верхнюю часть котла – стальной барабан), насосы установок по химической очистке и химическому обессоливанию воды (используются в приготовлении воды для подпитки теплосети) и насосы пожарного водоснабжения (необходимы для перекачивания воды в систему пожаротушения) [5].

Электроэнергия НК ТЭЦ-2, затрачиваемая на собственные нужды турбогенераторов, расходуется на работу следующих механизмов:

– циркуляционных насосов, которые обеспечивают подачу большого количества холодной воды в конденсатор для охлаждения отработавшего в турбине пара и превращения его в воду-конденсат;

– перекачивающих насосов, которые служат для отсоса воздуха вместе с некоторым количеством пара из конденсатора;

– питательных насосов, с помощью которых очищенная вода из конденсатора возвращается в котел;

– масляных насосов систем смазки и регулирования, которые обеспечивают непрерывную подачу смазки в виде органических и синтетических масел для надежной работы турбоагрегата [6].

Таким образом, такие механизмы, как котлоагрегаты и турбогенераторы, потребляют большую часть активной мощности, затрачиваемой на собственные нужды всей ТЭЦ.

Для оценки полноты использования установленного оборудования ЭС пользуются коэффициентом использования установленной мощности станции – это отношение количества выработанной в течение месяца электроэнергии к тому количеству, которое могло быть выработано при месячной работе станции с

установленной мощностью [7].

В данной работе авторами была установлена связь между числом работающих турбогенераторов (в %) и расходом электроэнергии на собственные нужды электростанции, а также между коэффициентом использования установленной мощности электростанции (в %) и расходом электроэнергии на собственные нужды ТЭЦ. Для наиболее точного прогнозирования электропотребления СН ТЭЦ был рассчитан коэффициент корреляции R [8]. Коэффициент корреляции вычислялся в программе Matchcad для каждого рассматриваемого месяца по выражению

$$R = \frac{n \sum (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum (y_i - \bar{y})^2}}$$

Для февраля 2014 года коэффициент корреляции составляет:

R = 0,704 – количество генераторов, находящихся в работе; РСН;

R = 0,775 – коэффициент использования установленной мощности; РСН.

Для мая 2014 года коэффициент корреляции составляет:

R = 0,719 – количество генераторов, находящихся в работе; РСН;

R = 0,725 – коэффициент использования установленной мощности; РСН.

Для июня 2014 года коэффициент корреляции составляет:

R = 0,7 – количество генераторов, находящихся в работе; РСН;

R = 0,7 – коэффициент использования установленной мощности; РСН;

Для ноября 2014 года коэффициент корреляции составляет:

R = 0,855 – количество генераторов, находящихся в работе; РСН;

R = 0,877 – коэффициент использования установленной мощности; РСН.

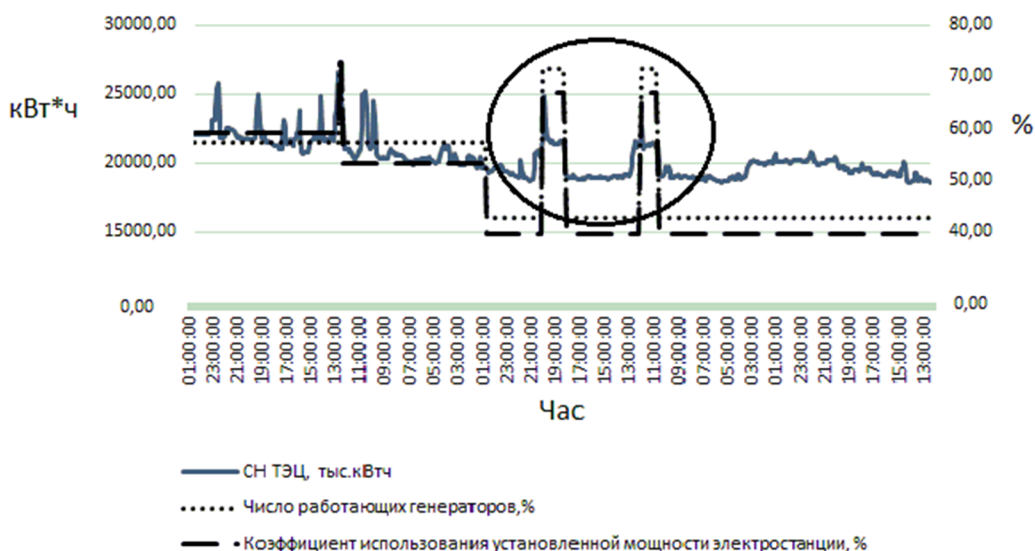


Рис. 1. Графики электропотребления механизмов СН ТЭЦ, процентного соотношения работающих генераторов и коэффициента использования установленной мощности электростанции за февраль 2014 г.

На основании данных с НК ТЭЦ-2 были построены графики почасовых значений работы турбогенераторов, коэффициента использования установленной мощности электростанции и активной мощности, расходуемой на собственные нужды ТЭЦ. Данные взяты из архивов системы АСКУЭ за 2014 год (рис. 1–4).

Согласно построенным графикам можно установить, что электропотребление СН в связи с включением двух генераторов по 70 МВт возросло на 5000 кВт\*ч, а при остановке генераторов тех же параметров расход на СН снизился на 2000 кВт\*ч.

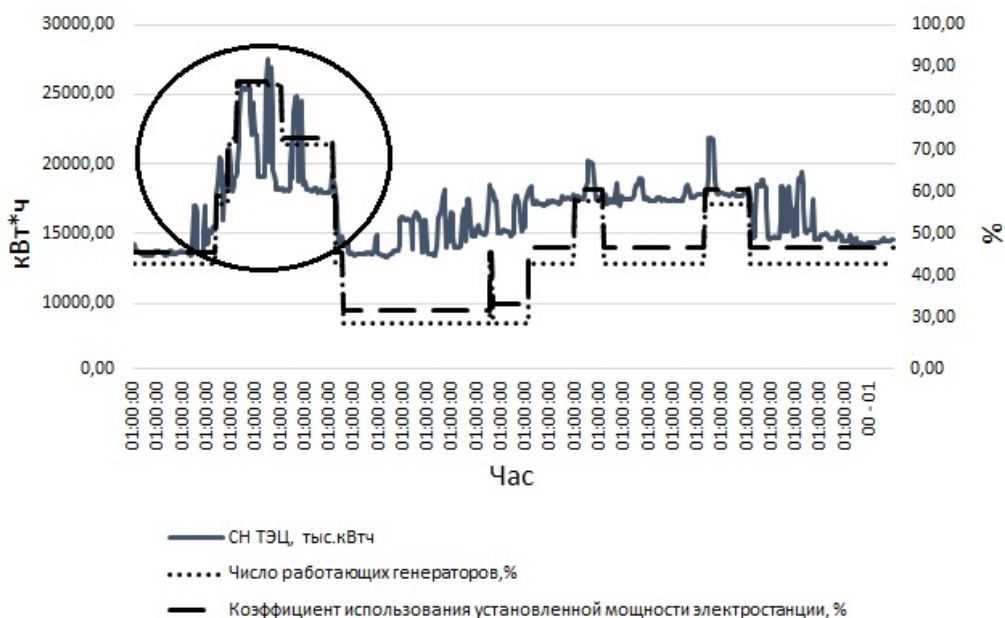


Рис. 2. Графики электропотребления механизмов СН ТЭЦ, процентного соотношения работающих генераторов и коэффициента использования установленной мощности электростанции за май 2014 г.

На графиках на рис. 2 зафиксирован рост электропотребления СН при включении одного генератора мощностью 70 МВт на 5000 кВтч, при последующем пуске генератора той же мощностью электропотребление СН возрастает еще на 5000 кВтч. При отключении турбогенераторов с аналогичными параметрами наблюдается снижение электропотребления СН на 5000 кВтч.

По графикам за июнь (см. рис. 3) можно отметить рост электропотребления электроприемниками СН НК ТЭЦ-2 при включении генератора мощностью 70 МВт на 2500 кВтч и резкий спад на 2500 кВтч электропотребления СН при отключении аналогичного генератора.

Исходя из построенных графиков можно отметить, что при запуске двух генераторов по 63 и 70 МВт происходит рост электропотребления СН ТЭЦ на 5000 кВтч, а при последующем включении еще одного генератора мощностью 70 МВт электроприемники СН стали потреблять на 7500 кВтч больше. Наглядно можно увидеть на графиках, что при остановке двух генераторов мощностью 63 и 70 МВт происходит снижение электропотребления СН на 7500 кВтч.

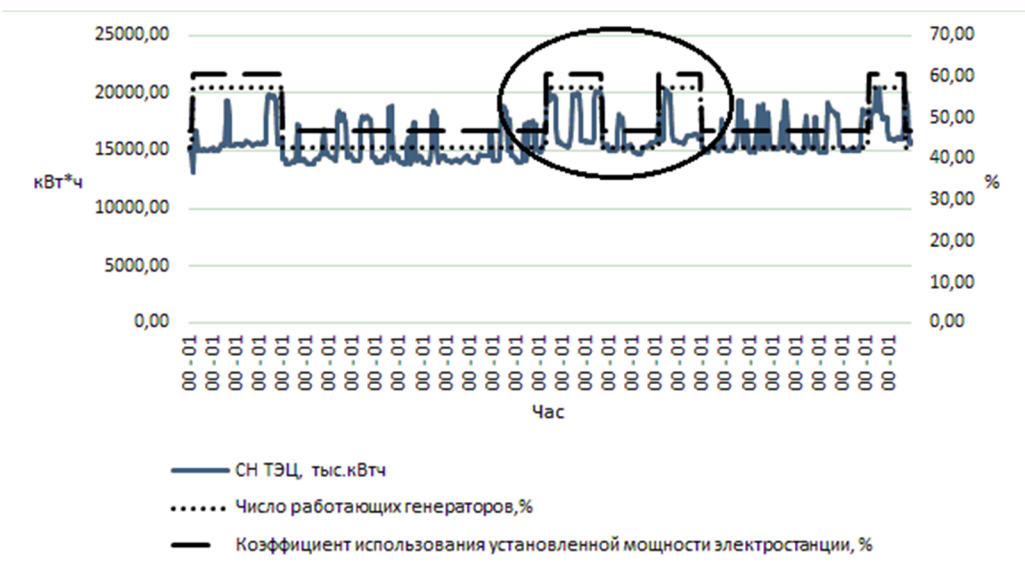


Рис. 3. Графики электропотребления механизмов СН ТЭЦ, процентного соотношения работающих генераторов и коэффициента использования установленной мощности электростанции за июнь 2014 г.

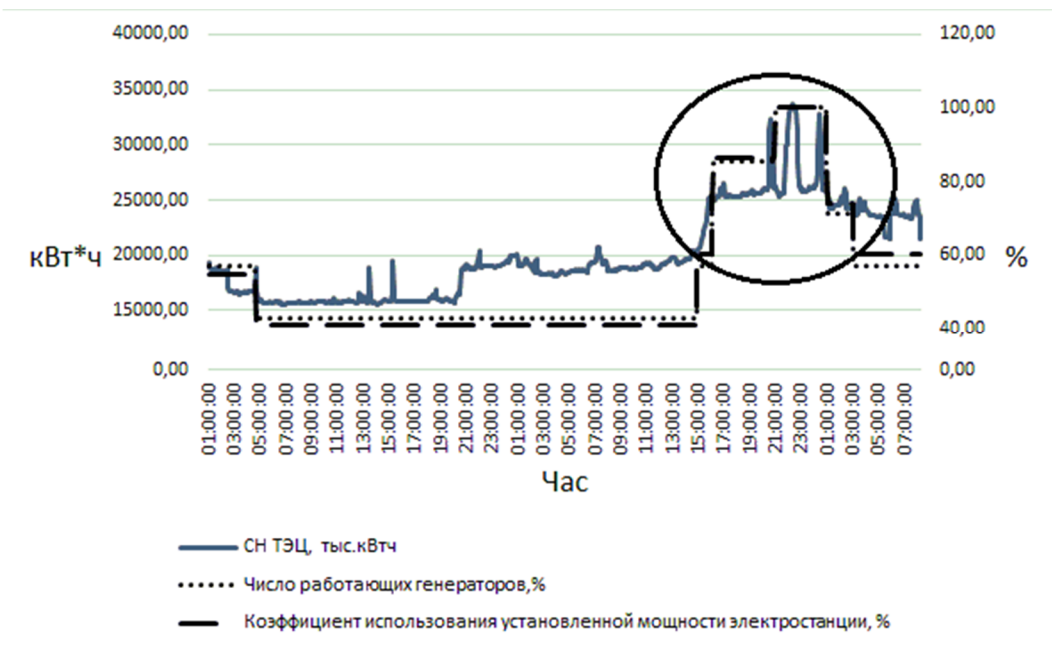


Рис. 4. Графики электропотребления механизмов СН ТЭЦ, процентного соотношения работающих генераторов и коэффициента использования установленной мощности электростанции за ноябрь 2014 г.

## Заключение

Произведена качественная и количественная оценка данных. Установлена связь между числом работающих генераторов и расходом активной мощности на СН ТЭЦ, а также между коэффициентом использования установленной мощности электростанции и расходом активной мощности на СН ТЭЦ, которая отражает количественный рост электропотребления СН при запуске турбогенераторов и снижение электропотребления СН при их останове [9]. Рассчитанные коэффициенты корреляции показывают сильную взаимосвязь между исследуемыми величинами, так как  $0,7 < R < 0,9$ . Полученные данные будут являться основой для дальнейших исследований в области качественного прогнозирования СН ТЭЦ на основе нейронной сети. Выявленные факторы, связь которых с собственными нуждами ТЭЦ высокая, будут являться входными сигналами в математической модели нейронной сети, имеющей несколько входов и один выход [10]. Характеризующие влияние на прогнозную величину факторы подаются в нейронную модель, а на выходе получаем сигнал, представляющий собой реакцию нейрона на данное входное воздействие – прогноз электропотребления собственных нужд. Входной сигнал для нейронной сети представляет собой совокупность значений влияющих параметров – имеющихся факторов, от которых зависит прогноз на выходе нейронной сети.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Об утверждении правил оптового рынка электрической энергии и мощности и о внесении изменений в некоторые акты правительства Российской Федерации по вопросам организации функционирования оптового рынка электрической энергии и мощности: Постановление от 27 декабря 2010 г. № 1172 // Собрание законодательства РФ. – 2011.
2. Аббасова Э.М., Голоднов М.Ю., Зильберман В.А., Мурзаков А.Г. Собственные нужды тепловых электростанций / Под ред. Ю.М. Голоднова // Энергоатомиздат. – 1991. – 272 с.: ил.
3. Прокопчик В.В. Повышение качества электроснабжения и эффективности электрооборудования предприятий с непрерывными технологическими процессами. – Гомель: Гом. гос. техн. ун-т, 2002. – 283 с.
4. Ведерников А.С., Балукова Е.А. Определение корреляционных зависимостей между факторами, влияющими на электропотребление собственных нужд ТЭЦ // Известия высших учебных заведений. Электромеханика: науч.-техн. и учеб.-образоват. журнал / Мин-во образования и науки Рос. Федерации. – 1958. – Новочеркасск: Южно-Российск. гос. техн. ун-т (Новочеркасский политех. ин-т), 1958–2010 .
5. Соколов Б.А. Котельные установки и их эксплуатация: Учебник для нач. проф. образования. – 2-е изд. – М.: Академия, 2007.
6. Трубилов М.А., Арсеньев Г.В., Фролов В. В. и др. Паровые и газовые турбины / Под ред. А.Г. Костюка, В.В. Фролова. – М.: Энергоиздат, 1985. – 352 с.
7. Андриященко А.И. Надежность теплоэнергетического оборудования ТЭС и АЭС. – М.: Высшая школа, 1991. – 303 с.
8. Кремер Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004. – 573 с.
9. Клименков Р.А., Ведерников А.С., Гнеушев А.С., Балукова Е.А. Изменение величины электропотребления собственных нужд ТЭЦ под воздействием основополагающих факторов // Электроэнергетика глазами молодежи: науч. труды междунар. науч.-техн. конференции: Сб. статей. В 2 т. – Томск: ТПУ, 2014. Т. 2. – С. 300-303.
10. Бэнн Д.В., Фармер Е.Д. Сравнительные модели прогнозирования электрической нагрузки. – М.: Энергоатомиздат, 1985.

*Статья поступила в редакцию 12 января 2017 г.*

## **DETERMINATION OF DEPENDENCE BETWEEN GENERATORS NUMBER RESIDE IN WORK, LOAD RATIO OF POWER PLANT AND ELECTRO-CONSUMPTION OF OWN NEEDS CHPP**

***A.S. Vedernikov, E.A. Balukova***

Samara State Technical University  
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russian Federation

*The investigation is concerned with own needs CHPP. Electro-consumption of own need CHPP is necessary forecasted with minimum error. It is necessary identified the facts influence on electro-consumption of own needs power plant for making forecast model. Purpose of this work to announce determination of dependence between electro-consumption of own needs and factors, such as generators number reside in work, load ratio of power plant. Quantitative and qualitative assessment are made by the use of generators number reside in work, load ratio of power plant and electro-consumption of own needs CHPP diagrams and correlation coefficient. High dependency is determined between factors under inquiry for making forecast model.*

***Keywords:*** *electro-consumption, station auxiliaries, correlation coefficient, factors, forecasting.*