

УДК 621.311.16

к.т.н., доцент, доцент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий»,  
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,  
тел.: +7(3955) 56-17-21, e-mail: dubitskii\_ma@mail.ru

Михалева Алёна Аликовна,  
магистрант, кафедра «Электрические станции, сети и системы»,  
ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет»,  
тел. 89832455820

## ВЫБОР РЕЗЕРВОВ ГЕНЕРИРУЮЩЕЙ МОЩНОСТИ С УЧЕТОМ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Dubitskii M.A., Mikhaleva A.A.

### THE CHOICE OF RESERVES OF GENERATING CAPACITY BASED ON SOLAR ENERGY

**Аннотация.** В работе рассмотрено влияние электроэнергетики на окружающую среду. Предложена методика выбора оперативного резерва генерирующей мощности с учетом солнечной энергетики.

**Ключевые слова:** электроэнергетические системы, безопасность.

**Abstract.** The paper considers the impact of electricity on the environment. The method of selection of the operational reserve of generating capacity taking into account solar energy is offered.

**Keywords:** power systems, security.

Источники энергии принято делить на возобновляемые и невозобновляемые. Возобновляемые энергетические ресурсы (в отличии от невозобновляемых) – это природные ресурсы, запасы которых или восстанавливаются быстрее, чем используются, или не зависят от того, используются они или нет. Уголь, нефть, газ, торф, уран относятся к невозобновляемым источникам энергии. При их использовании они теряются безвозвратно. Среди невозобновляемых топливно-энергетических ресурсов особое место занимают нефть, природный газ и уголь. Доля России в мировом производстве нефти более 12%, природного газа около 30%, угля около 7%.

По запасам урановых руд Россия уступает лидерам (США, Австралии, Бразилии). Вместе с тем, наша страна является лидером по производству обогащенного ядерного топлива и занимает 40 процентов его мирового рынка. Нехватка этого сырья компенсируется за счет экспорта. Атомная энергетика является весьма перспективным путем развития в получении электроэнергии. Считается экологически чистой, но в случае аварии трагических последствий не избежать. Примером такого рода может быть трагедия в Чернобыле, а также недавние события на АЭС Фукусима в Японии. Таким образом, Россия богата разнообразными невозобновляемыми энергети-

ческими ресурсами и является мировым лидером по их добыче. Для самой России топливно – энергетический комплекс (ТЭК) приносит более 50% доходов федерального бюджета. Топливно-энергетические ресурсы распределены неравномерно между различными странами. Для некоторых из них это является причиной недостаточно высокой энергетической безопасности. Обеспечение энергетической безопасности определяется двумя основными аспектами: во-первых, бесперебойностью энергоснабжения (которая обусловлена, в основном, наличием в стране собственных энергоресурсов), а во-вторых – экологической безопасностью при производстве электрической и тепловой энергии (желанием иметь «чистую» энергетику).

Существенный вклад в загрязнение окружающей среды вносят тепловые станции на органическом топливе. При сжигании угля через дымовые трубы электростанций в атмосферу поступают вещества в твердом и газообразном состоянии: оксиды азота, диоксид серы, окислы углерода, соединения тяжелых металлов, пары воды, летучая зола, частицы сажи и т.д.

Современная атомная энергетика основана на использовании энергии, выделяющейся при делении ядер урана – 235, плутония – 239, урана 233. Природный уран в основном состоит из двух изотопов: урана –

235 и урана – 238, содержание которых в естественной смеси (по массе) составляет 0,7 и 99,7%. В результате облучения нейтронами урана – 238 и тория – 238 могут быть получены новые делящиеся вещества уран – 233 и плутоний – 239. Загрязнение окружающей среды при эксплуатации атомных электростанций может быть вызвано негерметичностью оболочек тепловыделяющих элементов.

Гидроэлектростанции оказывают как положительное, так и отрицательное воздействие на окружающую среду. К числу положительных воздействий можно отнести:

- улучшение судоходства на реке;
- возможность орошения земель;
- защита населенной местности и плодородных угодий от наводнений;

Отрицательные воздействия проявляются в:

- постоянном и временном затоплении плодородных земель;
- возникновении в водохранилище застойных зон из-за уменьшения турбулентности воды;
- загрязнении воды нефтепродуктами;
- преграждении плотинами путей миграции проходных рыб (осетровых, лососевых) на нерестилища и сокращение ареалов их размножения;
- резком уменьшении паводковых расходов воды, не обеспечивающих обводнения нерестилищ рыб (судака, леща, сазана) в низовьях рек;
- увеличении потерь воды на испарение.

Целесообразность строительства солнечных электростанций (СЭС) зависит от инсоляции (облучения поверхностей солнечным светом – солнечной радиации) и продолжительности солнечного сияния (суммарного числа часов в течение суток, месяца, года, когда солнце в данной местности находится над горизонтом и не закрыто облаками), которое зависит от широты места, долготы дня и количества облаков.

Солнечная энергия, обладает огромным потенциалом. За каждую минуту ее поступления на Землю могли бы быть обеспечены годовые потребности населения в энергии. Среднегодовое количество солнечного излучения зависит от широты, на которой находится тот или иной район (рекордные дозы дневного света получают страны, приближенные к экватору), а также от климата местности – направлений воздушных потоков и других особенностей региона. Наи-

большую дозу солнечной радиации ежегодно получает:

- северо – восточная Африка;
- восточное побережье Африки;
- Аравийский полуостров;
- южные субэкваториальные участки Атлантического и Тихого океанов;
- северо – запад Австралии;
- некоторые острова Индонезии;
- западное побережье Южной Америки.

Инсоляция измеряется числом единиц энергии, поступающей на единицу поверхности за единицу времени. Обычно инсоляцию измеряют в  $\text{kVt}\cdot\text{час}/\text{м}^2$ .

Сегодня в мировой солнечной энергетике прогнозирование объемов выработки солнечной энергии на короткие периоды (день, несколько дней, неделя) не имеет до конца отработанной и апробированной технологии и часто связано с большими погрешностями, которые могут составлять 60–65% от прогноза. При этом чем больше период прогноза – тем более точно можно спрогнозировать результат генерации. Данное правило вполне справедливо и для площади – точечный прогноз всегда менее точен, точность прогноза солнечной эффективности значительно возрастает по мере увеличения площади географической области, для которой составляется прогноз.

На нашей планете нет единого общего механизма погодообразования, поэтому для разных мест и климатических поясов при сравнительно одинаковых условиях могут возникать существенно различающиеся эффекты. Существующие модели прогнозирования метеоусловий учитывают только основные факторы, которые влияют на образование погоды в данной местности. При этом ни одна из моделей не учитывает некоторые особенности местности, например, для регионов у моря – очертание береговой линии, ночные и дневные бризы и т.д. Даже относительно небольшие водные объекты – озера, реки, водохранилища – оказывают достаточно сильное влияние на погодные условия в конкретной местности. Кроме того, очень проблематичным является прогнозирование погоды для горных местностей, даже начиная с небольших высот. Именно поэтому каждая модель в течение определенного времени должна пройти адаптацию для конкретных климатических условий местности, чтобы в последствии с высокой вероятно-

стью получать достоверные прогнозы погоды.

Особо следует отметить фактор, который влияет на точность прогноза погоды – угол возвышения Солнца над горизонтом (например, чем он ниже в зимние времена, тем ниже точность прогнозов). Отдельно стоит отметить факторы, которые косвенно связаны с естественными природными особенностями. Например, степень запыленности пыней, которая возрастает при длительной жаркой погоде без осадков. А также увеличение генерации электроэнергии после осадков (дождя), которые смывают скопившуюся пыль – этот фактор также необходимо учитывать при составлении прогнозов генерации.

Как показывает практический опыт, лучший метод прогнозирования генерации электроэнергии солнечными электростанциями – это объединение прогнозов, полученных от разных моделей численного прогнозирования погоды. Как вариант – усреднение прогнозов погоды, полученных от разных метеорологических служб. На сегодняшний день прогнозирование объемов генерации солнечной энергии выполняется несколькими крупными компаниями, расположенными в странах с развитой солнечной энергетикой: в США (Clean Power Research, Windlogic Inc.), в Европе, прежде всего в Германия (WEPROG), в Испании (IRSOLAV) и в Норвегии (DNV-GL). России еще предстоит построить собственные системы прогнозирования. Наличие ошибки прогноза солнечной активности приводит к погрешности в определении располагаемой мощности системы, для компенсации которой потребуются дополнительные резервы генерирующей мощности[1].

Резервом генерирующей мощности энергетических систем (ЭЭС), необходимым для обеспечения требуемой надежности, называется разность между располагаемой мощностью ЭЭС и ее нагрузкой в данный момент времени. По функциональному назначению резерв генерирующей мощности разделяется на: ремонтный резерв и оперативный резерв [1]. Ремонтный резерв предназначается для компенсации снижения располагаемой мощности системы, вызываемого выводом генерирующего оборудования в предупредительный или плановый ремонт или на реконструкцию. Оперативный резерв предназначен для компенсации небаланса

между генерированием и потреблением мощности, вызванного: отказами элементов (оборудования); непредвиденным увеличением нагрузки, а также ее случайными колебаниями; случайными колебаниями располагаемой мощности солнечных электростанций. Поэтому при возникновении небалансов мощности оперативный резерв в свою очередь делят на аварийный, нагрузочный и располагаемый.

Аварийный резерв служит для компенсации снижения располагаемой мощности системы, вызванного частичными или полными отказами элементов (оборудования).

Нагрузочный резерв служит для компенсации покрытия непредвиденного увеличения нагрузки, включая ее случайные колебания.

Располагаемый резерв служит для компенсации снижения располагаемой мощности, вызванного случайными колебаниями располагаемой мощности солнечных электростанций.

Величину оперативного резерва будем определять на период прохождения годового максимума нагрузки. Она должна быть такой, чтобы при минимальных приведенных затратах на установку резервных агрегатов в ЭЭС надежность электроснабжения потребителей была не ниже требуемой.

Определение оперативного резерва мощности осуществляется на основе следующей исходной информации:

- нагрузки ЭЭС, заданной месячными максимумами, в течение рассматриваемого периода времени, равного 1 году;
- состава оборудования, формирующего располагаемую мощность в каждом интервале рассматриваемого периода;
- характеристик оборудования (его единичной располагаемой мощности и среднегодовой относительной продолжительности аварийных ремонтов; коэффициента эффективности);
- ошибки прогноза нагрузки;
- ошибки прогноза располагаемой мощности солнечных электростанций;
- нормативного значения показателя надежности.

Вывод любого агрегата в аварийный ремонт, отклонение нагрузки или располагаемой мощности системы от ожидаемой величины является случайным событием. По-

этому для определения оперативного резерва активной мощности целесообразно использовать методы теории вероятностей и математической статистики (универсальные производящие функции вероятностей). Анализ универсальных производящих функций вероятностей для небалансов мощности системы позволяет оценить надежность электроснабжения потребителей. Если надежность окажется недостаточной, то тогда в ЭЭС до-

полнительно размещается генерирующее оборудование. По завершению расчетов определяется требуемая величина оперативного резерва генерирующей мощности как превышение располагаемой мощности ЭЭС над нагрузкой.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дубицкий М.А. [и др.]. Выбор и использование резервов генерирующей мощности в электроэнергетических сис-

темах / М.А. Дубицкий, Ю.Н. Руденко, М.Б. Чельцов. – 2 – е изд. перераб. и доп. – Изд. АГТА. – 365 с.

**УДК 621.311.1**

*Дубицкий Михаил Александрович,  
к.т.н., доцент, доцент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий»,  
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,  
e-mail: dubitskii\_ma@mail.ru  
Мoiseева Екатерина Андреевна,  
инженер ОАО «ИЭСК»*

## РАСЧЁТ РЕЗЕРВОВ ГЕНЕРИРУЮЩЕЙ МОЩНОСТИ С УЧЕТОМ ВЕТРОВОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

*Dubitskii M.A., Moiseeva E.A.*

## CALCULATION OF RESERVES OF THE GENERATING POWER TAKING INTO ACCOUNT WIND ENERGY

**Аннотация.** В статье рассмотрена задача выбора резерва генерирующей мощности с учетом ветровой энергетики.

**Ключевые слова.** Резерв, планирование, ветровые станции, надежность.

**Abstract.** The article considers the task of electing a reserve of generating capacity, taking into account wind energy.

**Keywords:** Reserve, planning, wind stations, reliability.

Ухудшение климата, уменьшение запасов традиционного топлива – все это привело к внедрению альтернативных источников энергии в энергосистему разных стран. Возобновляемые источники энергии обсуждались на Всемирном саммите по вопросам климата, который состоялся в Париже в декабре 2015 года [1], где почти 200 стран согласились до 2020 г сократить выбросы вредных веществ. Это послужило стимулом для развития альтернативной энергетики, т.к. при ее использовании не выделяются вредные вещества.

Кроме улучшения экологической обстановки, у возобновляемых источников энергии также есть ряд преимуществ:

— Эти источники энергии неисчерпаемы (если сравнить обычные источники энергии, такие как уголь, газ, нефть и ядерные запасы, которые со временем могут исчезнуть, альтернативная энергия считается неисчерпаемой, что поможет странам успешно развивать энергетику).

— Энергетическая независимость стран (не во всех странах имеются свои энергоресурсы.).

— Все большая конкурентоспособность (основные затраты на возобновляемые технологии сокращаются, этому способствовали новые технологии).

Один из видов возобновляемой энергетики – это ветроэнергетика. Ветроэнергетика