

УДК 621.311.16

Дубицкий Михаил Александрович,
к.т.н., доцент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий»,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
тел.: 89834670985

Карпова Светлана Валерьевна,
магистрант, кафедра «Электрические станции, сети и системы»,
ФГБОУ ВО «Иркутский национальный исследовательский технический университет»,
тел. 89500980620

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СНИЖЕНИЕМ ВЫБРОСОВ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ С ДЫМОВЫМИ ГАЗАМИ

Dubitskii M.A., Karpova S.V.

SECURITY BY REDUCING EMISSIONS OF HARMFUL SUBSTANCES WITH FLUE GASES

Аннотация. В работе рассмотрены вопросы обеспечения энергетической безопасности снижением выбросов вредных веществ с дымовыми газами.

Ключевые слова: Электроэнергетические системы, энергетическая безопасность.

Abstract. The paper deals with the issues of ensuring energy security by reducing emissions of harmful substances with flue gases.

Keywords: Electric power systems, energy security.

Энергетическая безопасность — это состояние защищенности граждан, общества, государства, экономики от угроз дефицита в обеспечении их потребностей в энергии экономически доступными энергетическими ресурсами приемлемого качества, от угроз нарушений бесперебойности энергоснабжения и возникновения ситуаций, опасных для людей и окружающей среды [1, 2]. Безопасность электроэнергетических систем (ЭЭС) – свойство объекта не допускать ситуаций, опасных для людей и окружающей среды при отказах в ЭЭС [3-6]. Проблема обеспечения энергетической безопасности учитывает широкий спектр угроз – экономических, социально-политических, внешнеэкономических и внешнеполитических, техногенных, природных и управленческо-правовых [7]. Включает в себя все вопросы, требующие изучения при обеспечении безопасности электроэнергетических систем [1, 2]. Поэтому проблема обеспечения энергетической безопасности включает в себя проблему обеспечения безопасности ЭЭС. На рис.1 показано соотношение проблем обеспечения безопасности ЭЭС и энергетической безопасности.

Среди объектов ЭЭС наиболее серьезные экологические воздействия оказывают угольные тепловые электрические станции (ТЭС), главным образом из-за выбросов золы, оксидов серы и оксидов азота, вследствие

недостаточно эффективных технологий подготовки и сжигания угля, с одной стороны, и очистки от вредных выбросов отходящих газов, с другой стороны. Эффективность очистки существенно зависит от надежности электрофильтров, отказы в работе которых снижают безопасность ЭЭС.



Рисунок 1 – Соотношение проблем обеспечения безопасности ЭЭС и энергетической безопасности.

Экологическая безопасность – состояние защищенности личности, общества и государства от последствий антропогенного и природного воздействия на окружающую среду. Проблема обеспечения энергетической безопасности не охватывает все вопро-

сы обеспечения экологической безопасности, так как антропогенное воздействие на окружающую среду оказывают не только объекты ЭЭС, но и автомобильный, железнодорожный транспорт, предприятия химической промышленности, а также и другие объекты. Поэтому для каждого объекта ЭЭС вводятся ограничения на выбросы вредных веществ в виде предельно допустимых выбросов (ПДВ) с учетом совместного влияния всех предприятий на окружающую среду.

Одним из средств обеспечения безопасности является резервирование [8], которое может быть выполнено, во-первых, путем перехода от одноступенчатой к двухступенчатой очистке дымовых газов, а во-вторых, за счет установки в ЭЭС дополнительных резервных котлоагрегатов, оборудованных золоулавливающими установками. Первый способ резервирования – более экономичный – позволяет повысить надежность золоуловителей за счет их своевременного профилактического обслуживания и ремонта – не требует остановки котлов на время ремонта золоуловителей. Нарботка на отказ у золоуловителей (в частности, у электрофильтров) значительно меньше интервала времени между плановыми ремонтами котлов. Кроме того, двухступенчатая очистка способствует увеличению эффективности очистки дымовых газов при нормальных условиях работы газоочистительного оборудования. Поэтому повышать энергетическую безопасность следует, в первую очередь, путем перехода от одноступенчатой очистки дымовых газов к двухступенчатой.

Эффективность перехода к двухступенчатой очистке можно оценить путем сопоставления затрат, при которых в сопоставляемых вариантах обеспечивается одинаковая безопасность. Следует отметить, что если выбросы вредных веществ на ТЭС будут превышать предельно допустимые значения, электростанция должна снизить нагрузку (вплоть до отключения ее генерирующего оборудования) для того, чтобы выбросы вредных веществ не превышали предельно допустимых значений. При этом обеспечение надежности электроснабжения будет осуществляться возможностями резервных агрегатами, размещенных на других электростанциях.

В качестве показателя, который используется для выбора величины оперативного резерва генерирующей мощности,

обычно применяется вероятность бездефицитной работы (P) системы за рассматриваемый период, равный одному году [1]. Требуемый эквивалентный оперативный резерв (R_0) генерирующей мощности можно определить с помощью зависимости $R_0 = f(P)$ при заданной вероятности бездефицитной работы системы (P_3). Зависимость $R_0 = f(P)$ может быть построена по результатам вычисления вероятности бездефицитной работы системы для различной величины оперативного резерва генерирующей мощности в системе.

Значение величины P_3 принимается таким, которое обеспечивается ЭЭС при наличии на электростанциях двухступенчатой очистки дымовых газов (и отсутствии в ЭЭС оперативного резерва генерирующей мощности).

Задача оценки надежности электроснабжения потребителей с учетом требований к безопасности ЭЭС может быть сформулирована следующим образом: при заданном в течение рассматриваемого периода времени составе генерирующего оборудования, заданной суммарной нагрузке потребителей, заданных для каждой станции нормах предельно допустимых выбросов вредных веществ в атмосферу, а также законах распределения эффективности работы аппаратов, предназначенных для очистки дымовых газов, определить вероятность бездефицитной работы системы.

Моделирование различных состояний системы осуществляется с использованием генератора псевдослучайных чисел при заданных законах распределения эффективности работы каждого аппарата, предназначенного для очистки дымовых газов. В результате испытаний определяется эффективность работы каждого золоуловителя, влияющая на максимально допустимую загрузку станции, так как выбросы вредных веществ в атмосферу электрической станцией не должны превышать предельно допустимых значений.

Очевидно, что загрузка станции будет максимальной в том случае, если в первую очередь будут загружены агрегаты, у которых золоуловители лучше очищают дымовые газы от золы и пыли. Задача определения максимальной рабочей мощности станции с учетом требований к безопасности ее работы математически формулируется следующим образом:

$$\sum_{j=1}^J N_{arpj} \rightarrow \max; \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^J N_{arpj} * C_j \leq \text{ПДВ}; \quad (2)$$

$$\underline{N}_{arpj} \leq N_{arpj} \leq \bar{N}_{arpj}; \quad j = \overline{1, J}. \quad (3)$$

Здесь j – текущее значение агрегата, J – количество агрегатов на станции, которые можно привлечь для покрытия нагрузки; \bar{N}_{arpj} , \underline{N}_{arpj} и N_{arpj} – соответственно максимальная допустимая, минимальная допустимая нагрузка j -го агрегата и его нагрузка, при которой обеспечивается максимальная рабочая мощность станции с учетом требований по безопасности ее работы; C_j – удельные выбросы золы и пыли вместе с дымовыми газами при загрузке j -го агрегата; ПДВ – норма предельно допустимых выбросов золы и пыли рассматриваемой станцией. Величину удельных выбросов золы и пыли можно принять постоянной в рассматриваемом диапазоне изменений загрузки агрегатов:

$$C_j \approx \frac{\bar{B}_j - \underline{B}_j}{(\bar{N}_{arpj} - \underline{N}_{arpj})}; \quad j = 1, J;$$

где \bar{B}_j и \underline{B}_j – выброс золы и пыли с дымовыми газами соответственно при максимальной и минимальной загрузке j -го агрегата.

Величины \bar{B}_j и \underline{B}_j определяются в соответствии с методикой определения валовых выбросов вредных веществ в атмосферу от котлов тепловых электростанций.

В результате решения задачи (1) – (3) определяется максимально допустимая загрузка рассматриваемой станции, которая вместе с максимально допустимой загрузкой других станций составляет рабочую мощность системы. Многократное моделирование состояний системы и затем анализ возможности покрытия нагрузки для каждого рассматриваемого ее состояния позволяет вычислить вероятность бездефицитной работы системы. Выполняя расчеты для различной величины оперативного резерва, можно построить зависимость $Ro = f(P)$. Это позволяет для заданной вероятности бездефицитной работы (Pz) определить необходимую величину оперативного резерва генерирующей мощности, затраты на который могут быть затем сопоставлены с затратами на создание двухступенчатой очистки дымовых газов.

Значение вероятности бездефицитной работы - Pz определяется, как уже было отмечено, в результате оценки надежности работы системы при двухступенчатой очистке дымовых газов (при отсутствии оперативного резерва генерирующей мощности). Оценка надежности выполняется как и при одноступенчатой очистке, только при моделировании различных состояний системы следует учитывать эффективность работы каждой ступени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дубицкий М.А., Снопкова Н.Ю. О понятиях «безопасность» и их соотношении. Вестник ИрГТУ. 2016. № 1. (108) С. 69-85.
2. Dubitsky M.A., Snopkova N.Yu. ON «SAFETY» AND «SECURITY» TERMS AND THEIR RELATIONSHIP. Reliability: Theory & Applications. Electronic journal of international group on reliability. ISSN 1932-2321. Vol. 11 (40). № 1, issue of March, 2016.
3. Надежность систем энергетики и их обслуживания / Под общей редакцией Ю.Н. Руденко: В 4-х т. Т. 1: Справочник по общим моделям анализа и синтеза надежности систем энергетики / Под ред. Ю.Н. Руденко. – М.: Энергоатомиздат, 1994. – 480 с.
4. Руденко Ю.Н., Ушаков И.А. Надежность систем энергетики. – М.: Наука, 1986 г. – 223с.
5. Дубицкий М.А. Надежность энергообеспечения и безопасность систем энергетики. // Вестник ИрГТУ. 2013. №9 (80). С.211-216.
6. Dubitsky M.A. Reliability of energy systems. Reliability: Theory & Applications. Electronic journal of international group on reliability. ISSN 1932-2321. Vol. 8. № 3, issue of September', 2013.
7. «Энергетическая безопасность России» / В.В. Бушуев; Н.И. Воробей; А.М. Мастепанов; Ю.К. Шафраник и др. – Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1998г. – 302с.
8. Дубицкий М.А., Рыкова А.А. Классификация резервов генерирующей мощности. // Вестник ИрГТУ. 2014. №8 (91). С.141-147.