**АНАЛИЗ МЕТОДОВ МИНИМИЗАЦИИ ДЕФИЦИТА МОЩНОСТИ В СОВРЕМЕННЫХ РАСЧЕТНЫХ КОМПЛЕКСАХ ОЦЕНКИ БАЛАНСОВОЙ НАДЁЖНОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ 1**

**Якубовский Д.В. 2, Бояркин Д.А. 2**

*Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, г. Иркутск, Россия*

Ключевую роль в оценке балансовой надежности (БН) электроэнергетических систем (ЭЭС) играют методы оптимизации, позволяющие корректно определить минимум дефицита мощности, возникающий в различных состояниях ЭЭС. Обзор [1-3] современных расчетных комплексов оценки БН показал, что общая концепция математических моделей едина и может быть описана в рамках задачи потокораспределения, однако каждая модель уникальна по-своему и требует индивидуального подхода к оптимизации. Постоянное развитие ЭЭС ведет к усложнению и укрупнению систем, что в свою очередь сказывается и на моделях, соответственно решение задачи оптимизации таких моделей становится ресурсозависимой, времязатратной и нетривиальной задачей. Развитие современных вычислительных систем также не стоит на месте и позволяет применять различные технологии (векторизация, параллельные вычисления) к методам оптимизации, что существенно повышает их вычислительную эффективность. В этой связи, целью данного исследования является анализ применяющихся методов оптимизации для решения задачи минимизации дефицита мощности в современных расчетных комплексах оценки балансовой надежности.

Для достижения поставленной цели были решены несколько задач, включающих в себя обзор современных расчетных комплексов оценки надежности ЭЭС, обзор [3] моделей минимизации дефицита мощности, а также применяемых в комплексах итеративных [4] и эвристических методов оптимизации, их модернизированные варианты реализации с использованием технологий распараллеливания. Также проводились программные испытания и эксперименты, в качестве модели была использована постановка задачи с квадратичными потерями мощности по связям между зонами надёжности и балансовыми ограничениями равенствами. Анализировался следующий набор методов оптимизации: наискорейший спуск (без нормирования, с нормированием шага), сопряженных градиентов (вариант с коэффициентами Флетчера-Ривса) стандартный и с распараллеливанием, дифференциальной эволюции стандартный и с распараллеливанием.

В статье сравнивается скорость сходимости применяемых методов оптимизации, проводится подбор оптимальных настроечных параметров метода сопряженных градиентов, а также дифференциальной эволюции, оценивается эффективность применяемых технологий распараллеливания к методам оптимизации и ее влияние как на результаты самого решения, так и общую тенденцию затрачиваемого времени и ресурсов на решение задач.

**Литература**

[1] Billinton, R. Reliability Evaluation of Power Systems / R. Billinton, R. Allan. –Second Edition. –NY and London: Plenum Press, 1996. – 509 p.

[2] Li, W. Risk Assessment of Power Systems: Models, Methods and Applications / W. Li.–Piscataway, NJ: IEEE Press, 2005. –325 p.

[3] Г.Ф. Ковалев. Надежность систем электроэнергетики / Г.Ф. Ковалев, Л.М. Лебедева; отв. ред. Н.И. Воропай. - Новосибирск: Наука, 2015. - 224 с.

[4] Yu. Nesterov. Introductory lectures on convex optimization. Kluwer, Boston, 20

1 – Исследование выполнено за счет средств гранта Российского Фонда Фундаментальных Исследований 20-08-00550 А.

2 – [yakubovskii.dmit@mail.ru](mailto:yakubovskii.dmit@mail.ru)

**ANALYSIS POWER SHORTAGE MINIMIZATION METHODS IN THE MODERN PROCESSING SOFTWARE FOR ADEQUACY ASSESSMENT   
OF ELECTRIC POWER SYSTEMS 1**

**Iakubovskii D. 2, Boyarkin D. 2**

*Melentiev Energy Systems Institute of SB RAS, Irkutsk, Russia*

The optimization methods that correctly determine the minimum of power shortage that occurs in various states of electric power systems EPS has a key role in adequacy assessment (AA) of (EPS). A review [1-3] of modern computational complexes for estimating AA showed that the general concept of mathematical models is unified and can be described in the framework of the flow distribution problem; however, each model is unique in its own way and requires an individual approach to optimization. The constant development of EPSs leads to the complication and enlargement of systems, which in turn affects models, respectively, solving the optimization problem of such models, becomes resource-dependent, time-consuming and non-trivial task. The development of modern processing software also does not stand still and allows applying various technologies (vectorization, parallel computing) to optimization methods, which significantly increases their computational efficiency. In this regard, the goal of this study is to analyze the applied optimization methods to solve the problem of power shortage minimization in the modern processing software for adequacy assessment.

We define and solve of few tasks to achieve this goal, which are including a review of modern calculation systems for assessing the adequacy of EPS, a review [3] of models for minimizing power shortages, as well as iterative [4] and heuristic optimization methods used in their software, their modernized implementation options using parallel technologies. Program tests and experiments were also conducted, and the problem statement with quadratic power losses in the relationships between reliability zones and balance constraints by equalities was used as a model. The following set of optimization methods we analyzed in this investigation: the steepest descent (without normalization, with step normalization), conjugate gradients (variant with Fletcher-Reeves coefficients) standard and with parallel calculations, standard evolution and parallel differential evolution method.

The article compares the convergence rate of the applied optimization methods: selects the optimal tuning parameters for the conjugate gradient method, and a differential evolution method. We evaluate the effectiveness of the applied parallel technologies to the optimization methods and its impact both on the results of the solution itself and the general tendency of the time and resources spent on the solution tasks.

**References**

[1] Billinton, R. Reliability Evaluation of Power Systems / R. Billinton, R. Allan. –Second Edition. –NY and London: Plenum Press, 1996. – 509 p.

[2] Li, W. Risk Assessment of Power Systems: Models, Methods and Applications / W. Li.–Piscataway, NJ: IEEE Press, 2005. – 325 p.

[3] Kovalev G.F., Lebedeva L.M. Nadezhnost' sistem elektroenergetiki (The reliability of the electric power systems). Novosibirsk, Nauka Publ., 2015, – 224 p;

[4] Yu. Nesterov. Introductory lectures on convex optimization. Kluwer, Boston, 20

1 – The reported study was funded by RFBR, project number 20-08-00550 А.

2 – [yakubovskii.dmit@mail.ru](mailto:yakubovskii.dmit@mail.ru)