**APPLICATION OF DYNAMIC OPTIMAL POWER FLOW IN THE IRKUTSK ENERGY SYSTEM**

**A.V. Domyshev1, M. Y. Shershov2**

*1ESI SB RAS, Irkutsk, Russia, 2OJSC «Irkutsk grid company», Irkutsk, Russia*

The article proposes a methodology for modeling and dynamic optimization of electric grids with stochastic elements. This task is relevant for automatic and automated optimal control of EPS.

The initial data for optimizing is the forecast of changes in the parameters of the state for a given time. The forecast horizon is divided into separate time steps at regular intervals. Each time step represents the minimum necessary set of input data for calculating the steady state.

The task of dynamic optimization is to minimize the total objective function over the entire forecast time horizon by choosing the composition and time of control actions. In contrast to the static optimization of one steady state, in the dynamic optimization problem it is important to take into account the “cost” of control actions, which depends not only on the state vector of the system, but also on time. The cost of control action this or that equipment depends on such factors as: residual resource of the equipment; priority of using particular control action; minimum permissible time between switching by the same device. The presence in the objective function of the dependence on the time of application of the previous control actions makes the optimization process not a Markov process. Since the “cost” of impacts and the dependence of “cost” on time are different for different devices, it is not possible to eliminate such effects and return the Markov properties to the optimization process. For example, on-load tap-changer transformers can be switched rarely, but controlled shunt reactor can be operated more often. An additional complication is the need to take into account the stochastic properties of the source data. The variance of the objective function may be greater than the improvement in the value of the objective function during the optimization process.

In this paper an effective technique is proposed for solving the dynamic optimization problem and its verification on the data of a real power system (Irkutsk Electric Grid Company).

**References**

* 1. Li W. et al. Dynamic energy management for hybrid electric vehicle based on approximate dynamic programming, *2008 7th World Congress on Intelligent Control and Automation*, IEEE, 2008, 7864-7869.
	2. Kariotoglou N. et al. Approximate dynamic programming for stochastic reachability, *2013 European Control Conference (ECC),* IEEE, 2013, 584-589.
	3. Marler R. T., Arora J. S. Survey of multi-objective optimization methods for engineering, *Structural and multidisciplinary optimization*, 2004, 26(6), 369-395.
	4. Vincent T. L., Grantham W. J. *Optimality in parametric systems*, New York, Wiley-Interscience, 1981. 257 p.
	5. Proos K. A. et al. Multicriterion evolutionary structural optimization using the weighting and the global criterion methods, *AIAA journal*, 2001, 39(10), 2006-2012.
	6. Koski J., Silvennoinen R. Norm methods and partial weighting in multicriterion optimization of structures, *International Journal for Numerical Methods in Engineering,* 1987, 24(6), 1101-1121.
	7. Rentmeesters M. J., Tsai W. K., Lin K. J. A theory of lexicographic multi-criteria optimization *Proceedings of ICECCS'96: 2nd IEEE International Conference on Engineering of Complex Computer Systems (held jointly with 6th CSESAW and 4th IEEE RTAW)*, IEEE, 1996, 76-79.
	8. Tseng C. H., Lu T. W. Minimax multiobjective optimization in structural design, //International Journal for Numerical Methods in Engineering. – 1990. – Т. 30. – №. 6. – С. 1213-1228.
	9. Athan T. W., Papalambros P. Y. A note on weighted criteria methods for compromise solutions in multi-objective optimization //Engineering optimization. – 1996. – Т. 27. – №. 2. – С. 155-176.
	10. Gerasimov E. N., Repko V. N. Multicriterial optimization, *International Applied Mechanics*, 1978, 14(11), 1179-1184.
	11. Lee S. M. et al. *Goal programming for decision analysis*, Philadelphia : Auerbach Publishers, 1972, 252-260.
	12. Messac A. Physical programming-effective optimization for computational design, *AIAA journal*, 1996, 34(1), 149-158.
	13. Saaty T. L. Decision making—the analytic hierarchy and network processes (AHP/ANP), *Journal of systems science and systems engineering*, 2004, 13(1), 1-35.
	14. Liu C. et al. Probabilistic power flow analysis using multidimensional holomorphic embedding and generalized cumulants, *IEEE Transactions on Power Systems*, 2018, 33(6), 7132-7142.
	15. Momoh J. A. *Electric power system applications of optimization*, CRC press, 2008.
	16. ANARES – software for power system modeling, [Electronic resource] – Access: <http://anares.ru/software>]

**ПРИМЕНЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ В ИРКУТСКОЙ ЭНЕРГОСИСТЕМЕ**

**Домышев А.В.1, Шершов М.Ю.2**

*1ИСЭМ СО РАН, Иркутск, Россия, 2ОАО «Иркутская сетевая компания», Иркутск, Россия*

В статье предлагается методика моделирования и динамической оптимизации электрических сетей со стохастическими элементами. Эта задача актуальна для автоматического и автоматизированного управления нормальными режимами ЭЭС.

В качестве исходных данных для оптимизации режима выступает прогноз изменения параметров режима на заданное время. Прогнозный горизонт разбит на отдельные временные срезы через равные промежутки. Каждый срез представляет собой минимально необходимый набор исходных данных для расчета установившегося режима.

Задачей динамической оптимизации является минимизация суммарной целевой функции на всем прогнозном временном горизонте за счет выбора состава и времени управляющих воздействий (УВ). В отличие от статической оптимизации одного режима в задаче динамической оптимизации важно учитывать «стоимость» управляющих воздействий, которая зависит не только от вектора состояния системы, но и от времени. Стоимость управления тем или иным оборудованием зависит от таких факторов, как: остаточный ресурс оборудования; приоритет использования УВ; минимально допустимое время между коммутациями одним и тем же устройством. Наличие в целевой функции зависимости от времени применения предыдущих управляющих воздействий делает процесс оптимизации не Марковским процессом. Так как «стоимости» воздействий и зависимости «стоимости» от времени для разных устройств различны (например, РПН трансформаторов переключать можно редко, а управлять с помощью УШР можно достаточно часто), то отстроиться от таких воздействий и вернуть процессу оптимизации Марковские свойства не получится. Дополнительную сложность вносит необходимость учета стохастичности исходных данных. Величина дисперсии целевой функции может быть больше чем улучшение величины целевой функции в процессе оптимизации.

Предлагается эффективная методика решения задачи динамической оптимизации и ее проверка на данных реальной энергосистемы (Иркутской электросетевой компании).

**Литература**

* 1. Li W. et al. Dynamic energy management for hybrid electric vehicle based on approximate dynamic programming, *2008 7th World Congress on Intelligent Control and Automation*, IEEE, 2008, 7864-7869.
	2. Kariotoglou N. et al. Approximate dynamic programming for stochastic reachability, *2013 European Control Conference (ECC),* IEEE, 2013, 584-589.
	3. Marler R. T., Arora J. S. Survey of multi-objective optimization methods for engineering, *Structural and multidisciplinary optimization*, 2004, 26(6), 369-395.
	4. Vincent T. L., Grantham W. J. *Optimality in parametric systems*, New York, Wiley-Interscience, 1981. 257 p.
	5. Proos K. A. et al. Multicriterion evolutionary structural optimization using the weighting and the global criterion methods, *AIAA journal*, 2001, 39(10), 2006-2012.
	6. Koski J., Silvennoinen R. Norm methods and partial weighting in multicriterion optimization of structures, *International Journal for Numerical Methods in Engineering,* 1987, 24(6), 1101-1121.
	7. Rentmeesters M. J., Tsai W. K., Lin K. J. A theory of lexicographic multi-criteria optimization *Proceedings of ICECCS'96: 2nd IEEE International Conference on Engineering of Complex Computer Systems (held jointly with 6th CSESAW and 4th IEEE RTAW)*, IEEE, 1996, 76-79.
	8. Tseng C. H., Lu T. W. Minimax multiobjective optimization in structural design, //International Journal for Numerical Methods in Engineering. – 1990. – Т. 30. – №. 6. – С. 1213-1228.
	9. Athan T. W., Papalambros P. Y. A note on weighted criteria methods for compromise solutions in multi-objective optimization //Engineering optimization. – 1996. – Т. 27. – №. 2. – С. 155-176.
	10. Gerasimov E. N., Repko V. N. Multicriterial optimization, *International Applied Mechanics*, 1978, 14(11), 1179-1184.
	11. Lee S. M. et al. *Goal programming for decision analysis*, Philadelphia : Auerbach Publishers, 1972, 252-260.
	12. Messac A. Physical programming-effective optimization for computational design, *AIAA journal*, 1996, 34(1), 149-158.
	13. Saaty T. L. Decision making—the analytic hierarchy and network processes (AHP/ANP), *Journal of systems science and systems engineering*, 2004, 13(1), 1-35.
	14. Liu C. et al. Probabilistic power flow analysis using multidimensional holomorphic embedding and generalized cumulants, *IEEE Transactions on Power Systems*, 2018, 33(6), 7132-7142.
	15. Momoh J. A. *Electric power system applications of optimization*, CRC press, 2008.
	16. АНАРЭС - комплекс программ для моделирование режимов энергосистем, [Электронный ресурс]: <http://anares.ru/software> [ANARES - software for power system modelling [Electronic resourse] – Access: <http://anares.ru/software>]