

DOI: 10.37791/2687-0649-2024-19-1-57-82

Моделирование особенностей работы дистанционной защиты резервных трансформаторов собственных нужд энергоблоков атомной станции при самозапуске мощных двигательных нагрузок

В.В. Рожков¹, К.К. Крутиков¹, С.Г. Бутримов², А.М. Соколов³

¹Филиал Национального исследовательского университета «МЭИ» в г. Смоленске, Смоленск, Россия

²Филиал АО «Концерн Росэнергоатом» «Смоленская атомная станция», Десногорск, Россия

³Национальный исследовательский университет «МЭИ», Москва, Россия

uto@sbmpei.ru

Аннотация. В статье средствами компьютерного моделирования проведен анализ работы дистанционной защиты резервных трансформаторов, обеспечивающих при отключении от энергосистемы через резервный шинопровод альтернативное питание собственных нужд атомной станции. В процессе перехода от основной сети на резервную существует короткий период отключения питания секций. При этом получавшие питание мощные двигательные нагрузки секций начинают работать в режиме торможения на выбеге. Затем осуществляется автоматическое включение резерва, которое может произойти в более или менее благоприятный момент. В неблагоприятный момент самозапуск по электрическим характеристикам может быть тяжелее режима короткого замыкания на шинопроводе. При объединении новой сети от резервного трансформатора собственных нужд и сети автономного контура выбегающих машин возникают переходные процессы электромагнитного взаимодействия машин, переходящих в генераторный режим, с сетью резервного трансформатора. Существуют некоторые оптимальные благоприятные моменты объединения сетей, когда и целесообразно осуществлять самозапуск. Эти процессы из-за сложности математического описания с высоким порядком системы уравнений, большого числа объектов взаимодействия целесообразно исследовать средствами компьютерного моделирования. Практический вопрос, на который дают ответ проведенные расчеты и компьютерное моделирование, касается значения уставки дистанционной защиты резервного трансформатора собственных нужд. На разработанной структурной имитационной модели в MatLab проведена серия экспериментов по выбегу и самозапуску секций собственных нужд при их заданном составе и нагрузке. Диапазон времени самозапуска при этом соответствовал работе автоматического включения резерва секций дистанционной защитой. Расчетами и моделированием показано, что принятую уставку можно скорректировать, обеспечив защиту большей длины шинопровода при возможных вариантах подключения к нему секций собственных нужд. Модель дополнена надстройкой в виде внешней программы для детальной обработки и визуализации данных, полученных с осциллографов структурной модели MatLab.

Ключевые слова: структурное моделирование, дистанционная защита, уставка срабатывания защиты, резервный трансформатор собственных нужд, выбег, самозапуск, двигатели собственных нужд, оптимизация, динамические массивы, визуализация, операционная система Linux, дистрибутив Debian, графическое приложение gnuplot

Для цитирования: Рожков В.В., Крутиков К.К., Бутримов С.Г., Соколов А.М. Моделирование особенностей работы дистанционной защиты резервных трансформаторов собственных нужд энергоблоков атомной станции при самозапуске мощных двигательных нагрузок // Прикладная информатика. 2024. Т. 19. № 1. С. 57–82. DOI: 10.37791/2687-0649-2024-19-1-57-82

Modeling of the operation features of remote protection of backup transformers for the own needs of power units of a nuclear power plant during self-start of powerful motor loads

V. Rozhkov¹, K. Krutikov¹, S. Butrimov², A. Sokolov³

¹Branch of the National Research University "MPEI" in Smolensk, Smolensk, Russia

²Branch of the Rosenergoatom Concern Joint-Stock Company Smolensk Nuclear Power Plant, Desnogorsk, Russia

³National Research University "MPEI", Moscow, Russia
vumo@sbmpei.ru

Abstract. In the article, using computer modeling, an analysis of the operation of distance protection of backup transformers is carried out, providing alternative power supply for the own needs of a nuclear power plant through a backup busbar when disconnected from the power system. During the transition from the main network to the backup network, there is a short period of power off to the sections. At the same time, the powerful motor loads of the sections that have received power begin to operate in the freewheel braking mode. Then the reserve is automatically switched on, which can occur at a more or less favorable moment. At an unfavorable moment, self-starting may be electrically more severe than a short circuit on the busbar. When combining a new network from a backup auxiliary transformer and an autonomous circuit of running machines, transient processes of electromagnetic interaction between machines switching to generator mode and the new network arise. There are some optimal favorable moments for merging networks when it is advisable to carry out self-starting. Due to the complexity of the mathematical description with a high order system of equations and a large number of interaction objects, it is advisable to study these processes using computer modeling. A practical question, which is answered by the calculations and computer modeling, concerns the value of the distance protection setting for the backup transformer for auxiliary needs. Using the developed structural simulation model in MatLab, a series of experiments was carried out on the run-down and self-starting of auxiliary sections with their given composition and load. The range of self-start time corresponded to the operation of automatic switching on of the reserve sections by distance protection. Calculations and modeling show that the adopted setting can be adjusted, ensuring protection of a larger length of the busbar with possible options for connecting auxiliary sections to it. The model is supplemented with an add-on in the form of an external program for detailed processing and visualization of data obtained from oscilloscopes of the MatLab structural model.

Keywords: structural modeling, distance protection, protection response setpoint, backup own needs transformer, coast-down, self-starting, own needs motors, optimization, dynamic arrays, visualization, Linux operating system, Debian distribution, Gnuplot graphical application

For citation: Rozhkov V., Krutikov K., Butrimov S., Sokolov A. Modeling of the operation features of remote protection of backup transformers for the own needs of power units of a nuclear power plant during self-start of powerful motor loads. *Prikladnaya informatika*=Journal of Applied Informatics, 2024, vol.19, no.1, pp.57-82 (in Russian). DOI: 10.37791/2687-0649-2024-19-1-57-82