УДК: 658.26.001.63

Б.Н.АБРАМОВИЧ, *д-р техн. наук, профессор, babramov@mail.ru*
А.П.ШЕВЧУК, *студент, antoshka.vbg@mail.ru*
Санкт-Петербургский государственный горный университет
Д.М.ТАРАСОВ, *канд. техн. наук, начальник отдела развития АСТУ, tdmdoc@mail.ru*
Департамент информационных технологий ОАО «МРСК Северо-Запад», Санкт-Петербург

B.N.ABRAMOVICH, *Dr. in eng. sc., professor, babramov@mail.ru*
A.P.SHEVHUK, *student, antoshka.vbg@mail.ru*
Saint Petersburg State Mining University
D.M.TARASOV, *PhD in eng. sc., chief of department of development, tdmdoc@mail.ru*
Department of an information technology «MRSK North-West», Saint Petersburg

УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМОМ НАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ПРЕДПРИЯТИЙ СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА

Статья посвящена проблеме управления режимом напряжения в распределительных сетях предприятий сырьевого комплекса при помощи устройств регулирования напряжения под нагрузкой (РПН) силовых трансформаторов. Особое внимание уделено разработке блока автоматического управления устройствами РПН с применением методов нечеткой логики. Приведены результаты математического и компьютерного моделирования.

***Ключевые слова*:** регулирование под нагрузкой, автоматическое регулирование, силовой трансформатор, нечеткая логика.

VOLTAGE CONTROLLING DEVICE IN ELECTRIC NETWORKS OF THE ENTERPRISES OF THE RAW COMPLEX

In this paper an actual problem – the controlling of voltage regime in distributed circuit of mineral raw industry with the help of for power transformers. Particular attention spare for invention of automatic controlling block for equipment of voltage control under the power using theory of fuzzy logic. There are the results of mathematics and computer modeling.

***Key words*:** controlling under voltage, automatic controlling, power transformer, fuzzy logic.

Предприятия сырьевого комплекса характеризуются особыми условиями функционирования внешней системы электроснабжения и внутренней распределительной электрической сети. Среди особых условий в первую очередь следует отметить большой удельный вес нелинейных нагрузок, несбалансированные, а зачастую «прерывистые» режимы питания технологических и вспомогательных электроустановок, включая факторы рассредоточенности и взаимоудаленности центров питания и силовой нагрузки электроустановок технологического контура.

Указанные факторы не только негативным образом влияют на режим электрической сети, в том числе на уровни напряжения на зажимах разнородных электроприемников, но и увеличивают потери при передаче электроэнергии в линиях электропередачи и силовом энергооборудовании изменяют электромагнитную обстановку окружающей среды и ухудшают параметры качества электроэнергии.*

Указанные факторы существенно влияют на отклонения напряжения в наиболее удаленных от центров электрических нагрузок

* *Абрамович Б.Н.* Показатели регулирования режима напряжения в системах электроснабжения / Б.Н.Абрамович, В.В.Полищук, А.Н.Евсеев // Автоматическое управление энергообъектами ограниченной мощности. Л., 1991.

Abramovich B.N., Polischuk V.V., Evseev A.N. Indicators of regulation of voltage regime in electrical supply systems. In collection. |// Automatic control of power objects of the limited capacity. Leningrad, 1991.

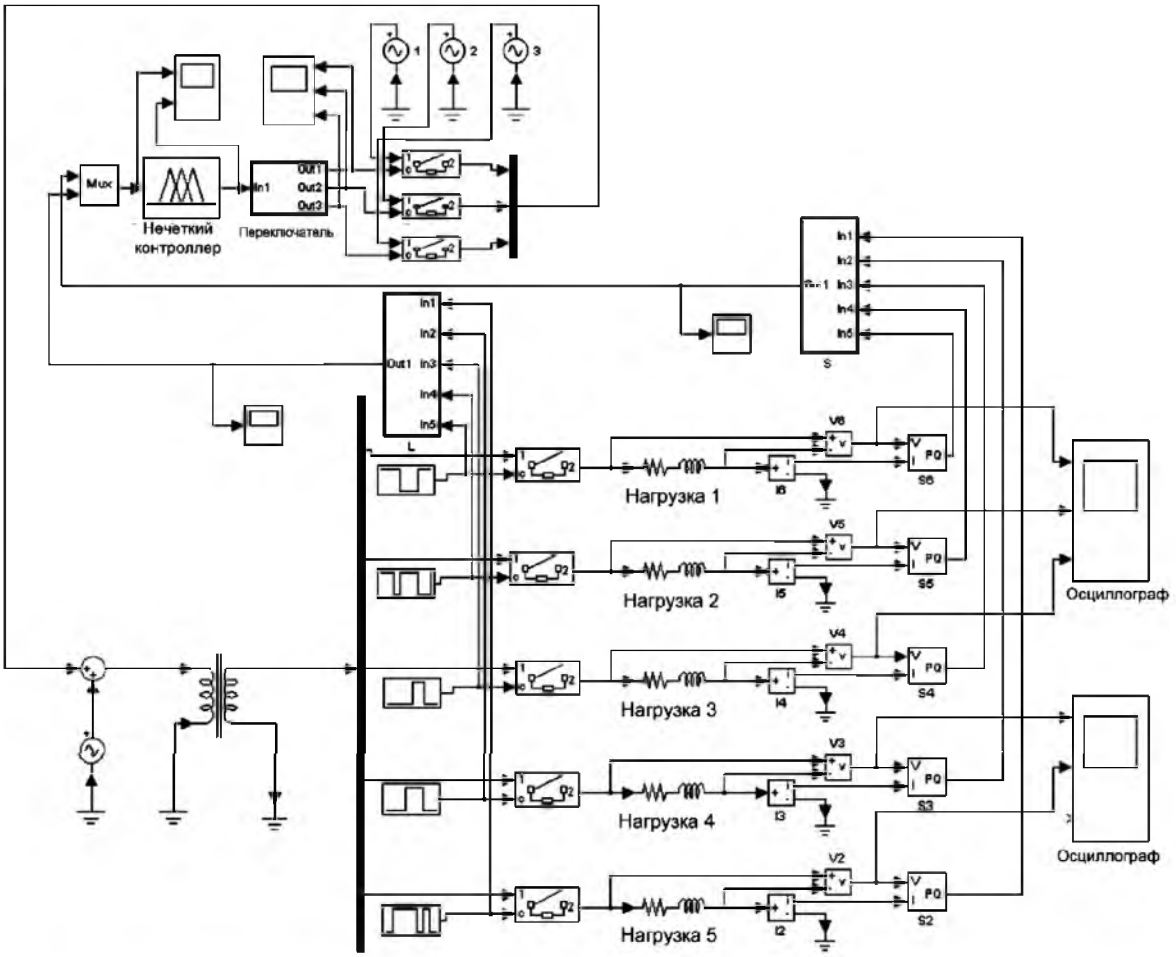


Рис.1. Компьютерная модель понизительной подстанции с устройством управления режимом напряжения

элементах распределительной сети от нормированных значений и оптимального для работы оборудования уровня. В фактических условиях эксплуатации отклонения напряжения могут превышать допустимые в 1,5-2,5 раза, смещаясь в зону значений, нормированных для аварийного режима электроснабжения. Это обусловливает необходимость формирования и поддержания в оптимальной зоне значений текущего режима напряжения в энергосистеме, от которого напрямую зависит технологический процесс и эффективная работа энергетических установок, а также уровень потерь электроэнергии в электрических сетях.

Как показывают анализ регулирующих эффектов по напряжению, наиболее эффективным способом регулирования напряжения в системе электроснабжения является регулирование коэффициентов трансформации силовых трансформаторов питающих подстанций 110/35/6(10) и 35/6(10) кВ, которые более чем на 95 % от общего числа оснащены устройствами РПН.*

Современные условия эксплуатации и темпы развития месторождений требуют регулирования уровня напряжения с учетом совокупности фактических параметров сети для нескольких, а зачастую и целой группы электроподстанций. Для осуществления группового регулирования

* Эффективное управление режимом напряжения на электроподстанциях предприятий минерально-сырьевого комплекса / Б.Н.Абрамович, Д.М.Тарасов, В.Б.Прохорова, А.П.Шевчук // Горное оборудование и электромеханика. М., 2009.№ 9.

Abramovich B.N., Tarasov D.M., ProkhorovaV.B., Shevchuk A.P. Efficient Control the Voltage Regime on Electrical Substations of the Enterprises of the Mineralogical-Raw Complex // Mining equipment and electromecanics. Moscow, 2009. N 9.

режимами напряжения необходимо совместно с устройствами РПН использовать быстродействующие автоматические регуляторы (БАР) для автоматического изменения коэффициента трансформации силовых трансформаторов по алгоритмам, позволяющим учитывать изменения совокупности влияющих на режим напряжения факторов.

Система автоматического управления устройством РПН силового трансформатора реализуется на базе программируемого контроллера и БАР и представляет собой систему управления с открытой архитектурой, способную адаптироваться к конкретным условиям предприятия. Она может встраиваться в уже существующие системы управления подстанциями. Модульная кон-

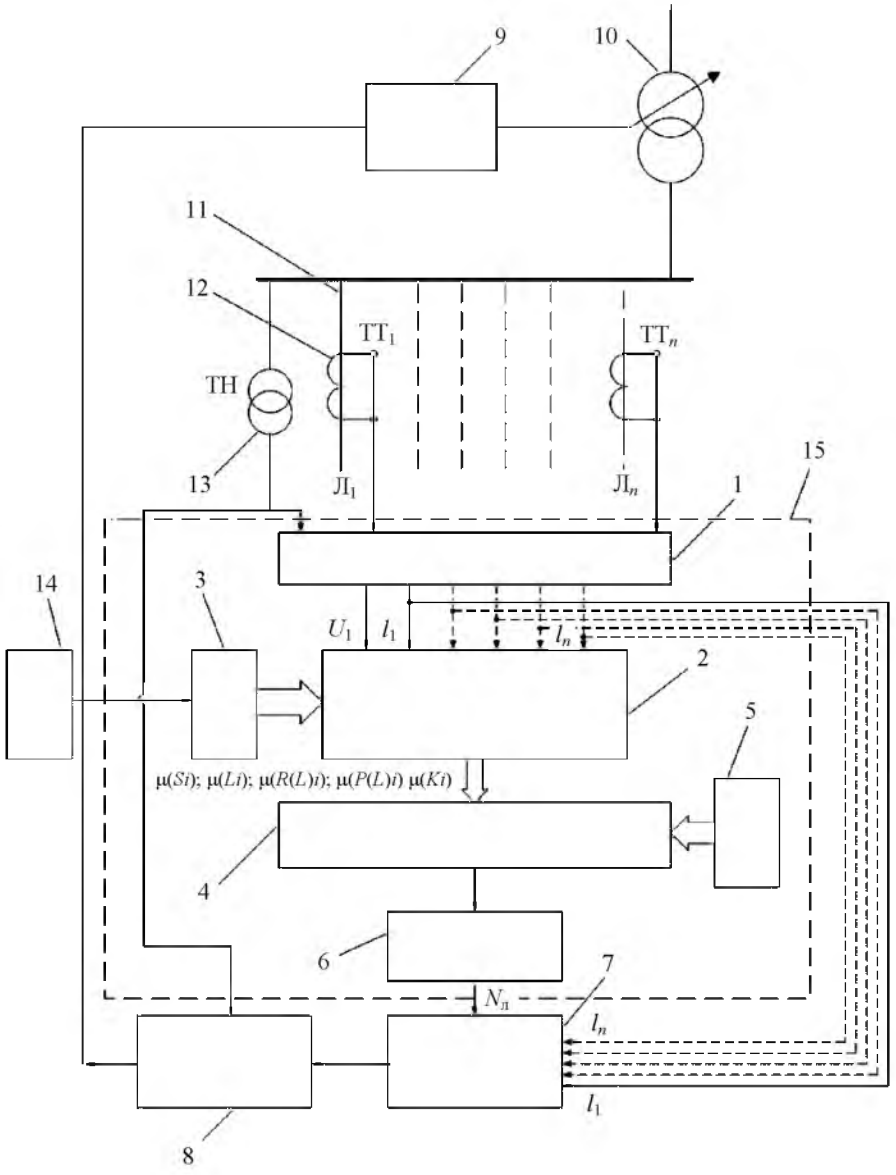


Рис.2. Устройство управления режимом напряжения

1 – блок аналогово-цифровых преобразователей; 2 – блок фаззификации; 3 – модуль памяти контроллера системы управления; 4 – блок нечеткого вывода; 5 – блок хранения базы правил; 6 – блок дефаззификации; 7 – переключатель; 8 – быстродействующий автоматический регулятор; 9 – блок РПН; 10 – трансформатор с регулированием напряжения под нагрузкой; 11 – присоединенные линии $Л_1$-$Л_n$; 12 – измерительные трансформаторы тока $ТТ_1$-$ТТ_n$; 13 – измерительный трансформатор напряжения ТН; 14 – блок задания постоянных параметров нагрузки и присоединений; 15 – контроллер системы управления; U_1– измеренное напряжение присоединенных линий; l_1-l_n – измеренный ток присоединенных линий; μ(Si) – функция принадлежности мощности линии; μ(Li) – функция принадлежности длины линии; μ($R(L)i$) – функция принадлежности распределения нагрузки вдоль линии; μ($P(L)i$) – функция принадлежности регулирующего эффекта; μ(Ki) – функция принадлежности категорийности объекта по ущербу; $N_л$ – номер линии

струкция позволяет наращивать функциональные возможности системы путем создания необходимой для решения конкретной задачи конфигурации, что поможет снизить затраты на оборудование.

Для реализации эффективного группового регулирования на уровне электроподстанции необходимо выбрать определяющее напряжение в системе «присоединение с учетом всех возможных параметров». Однако для выбора данного присоединения не удается применить строгую однозначную процедуру синтеза алгоритмов на основе математической модели, которая бы описывала состояния всей системы электроснабжения и нагрузки из-за вероятностного характера параметров, описывающих состояние нагрузки и питающих линий.*

Поэтому выбор необходимо осуществлять с применением специализированных методов анализа, например с помощью методов теории нечеткой логики, основанной на экспертных оценках. Такая экспертная система использует для вывода решения совокупность нечетких функций принадлежности и правил, что позволяет сформировать базу знаний (БЗ) экспертной системы. При этом на основе экспертных оценок определяются терм-множества параметров, формирующих функции принадлежности всех лингвистических переменных и алгоритмы фаззи-модулей.

Для описания режима каждую из линий, подключенных к шинам среднего напряжения, возможно характеризовать набором параметров: мощностью нагрузки, протяженностью линии, регулирующими эффектами по напряжению и распределением нагрузки вдоль линии. Дополнительно необходимо ввести еще один интегральный параметр: категорию энергообъекта по ущербу от отклонения напряжения до рационального уровня.

Данная категория присваивается каждому потребителю при анализе энергопотребителей и создании БД.

На основе логических правил выполняются основные фаззи-логические вычисления, в результате которых производится выбор линии, определяющей режим напряжения.

Компьютерная модель понизительной подстанции с устройством управления режимом напряжения представлена на рис.1.

Для реализации указанного метода необходимо совместно с современными цифровыми БАР РПН использовать промышленный контроллер, оснащенный блоком нечеткой логики и специализированным алгоритмом, который производит расчет параметров режима напряжения в режиме реального времени, обеспечивает выбор определяющего присоединения на основе результатов проведенных расчетов и правил БЗ, и, будучи встроенным в алгоритм работы БАР, обеспечивает управление РПН (рис.2).

Подобное устройство непрерывно контролирует действующие значения межфазного напряжения и фазных токов во вторичных цепях измерительных трансформаторов и в соответствии со встроенным алгоритмом принимает решение о необходимости формирования команд «Повышение» или «Понижение», воздействующих на электропривод с учетом значений установок выбранного режима работы, управляющих сигналов на дискретных входах и состояние самого устройства и моторного привода РПН.

Применение данной технологии группового регулирования режима напряжения позволит уменьшить на 3-5 % долю потерь электроэнергии при ее передаче, а также существенно снизить риски недоотпуска продукции из-за перерывов электроснабжения вследствие аварий в элементах сети или выхода из строя электродвигательной нагрузки и силовой части технологических установок.

---

* Эффективное управление режимом напряжения на электроподстанциях предприятий минерально-сырьевого комплекса / Б.Н.Абрамович, Д.М.Тарасов, В.Б.Прохорова, А.П.Шевчук // Горное оборудование и электромеханика. М., 2009.№ 9.

Abramovich B.N., Tarasov D.M., ProkhorovaV.B., Shevchuk A.P. Efficient Control the Voltage Regime on Electrical Substations of the Enterprises of the Mineralogical-Raw Complex // Mining equipment and electromecanics. Moscow, 2009. N 9.