

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА СИТУАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМИ РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ОБЪЕКТАМИ

*Жуков С.Ф., Дьяченко М.Д., Гетманский В.К., Вахтин А.А.
Приазовский государственный технический университет
getmansky-vk@azovstal.com.ua*

*In given work considers decision of electric system task of industrial enterprises with use of systems and management.
As use result of effective algorithm, the expenditure on electric energy can be reduced on 4%.*

Увеличение цен на энергоносители оказывает существенное влияние на стоимость конечной продукции промышленных предприятий, в связи с этим резко возрос интерес к внедрению в производство новых ресурсосберегающих технологий позволяющих сократить потери энергоресурсов, повысить эффективность их использования, снизить энергоемкости основных видов продукции. Одной из таких ресурсосберегающих технологий можно считать оптимизацию режимов управления энергосистемой.

Так как промышленные предприятия Донбасса являются крупными потребителями топливно-энергетических ресурсов, то актуальность поставленной задачи оптимизации режимов управления энергосистемой несомненна.

В настоящее время для оптимизации режима работы системы электроснабжения, снижающий затраты электроэнергии на производство единицы продукции, основном используется малоэффективный и трудоемкий метод подбора. Хотя метод подбора и позволяет, в конечном итоге, получить удовлетворительный результат но назвать его оптимальным проблематично.

Применение автоматизированных систем ситуационного управления режимами работы, где основные расчеты ведет ЭВМ существенно приближает полученный результат к искомому. Особенную эффективность ситуационного управления режимами работы энергосистемой могут быть получены при применении специализированных и универсальных устройств расположенных непосредственно на распределительных подстанциях. Например, Powerlogic, непосредственно подключенных к фидерам, либо промышленные контроллеры совместно с существующим парком датчиков, счетчиков и релейной автоматики. Причем первый случай характерен для глобальной реконструкции или строительства новых электроподстанций, в остальных случаях эффективнее использовать промышленные логические контроллеры.

Решение задачи оптимизации может быть условно разбито на четыре этапа формализации экстремальных задач:

- формулировка задачи, введение обозначений для переменных;
- задание выражения, зависящего от переменных задачи, которое в результате решения должно принимать минимальное или максимальное значение. Это выражение называют целевой функцией (функционалом), или критерием оптимальности;
- выделение множества допустимых значений переменных. При этом записывают связи между переменными в форме уравнений, характеризующих объект; ограничения, наложенные на каждую из переменных и их комбинации;
- нахождение экстремумов целевой функции.

Рассмотрим на примере одной подстанции с собственным генератором все этапы оптимизации. В качестве генерирующих источников, показанных на схеме замещения E_G, Z_S , могут быть синхронные компенсаторы, батареи конденсаторов, синхронные генераторы собственных электростанций.

Требуется выбрать такой режим работы генератора при котором оплата за активную и реактивную электроэнергию будет минимизированна. При этом все расчеты производится относительно счетчиков установленных на шинах системы.

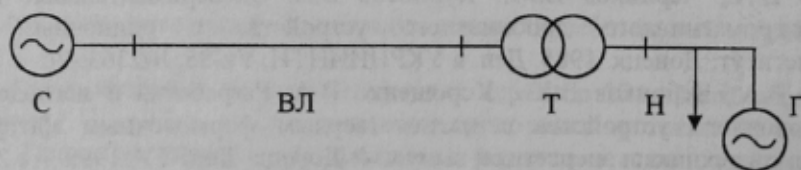


Рисунок 1 - Упрощенная схема электроснабжения промышленного предприятия

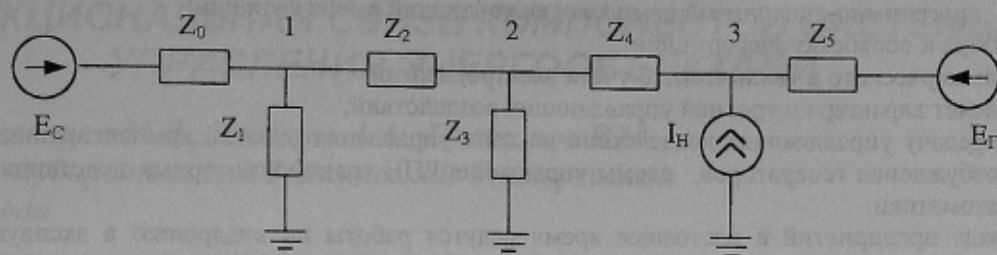


Рисунок 2 - Схема замещения электроснабжения промышленного предприятия

В процессе решения поставленной задачи используется метод узловых потенциалов: U_1 – напряжение на элементе Z_1 , U_{12} – напряжение на элементе Z_2 и т.д. Возмущающим воздействием в схеме – мощность нагрузки P_H и Q_H , управляющим воздействием – мощность P_G и Q_G .

После описания переменных проектируется целевая функция. Целевая функция должна учитывать затраты на электроэнергию с учетом потерь электроэнергии.

Потери активной мощности могут быть представлены в виде:

$$\Delta P = U_1^2 \cdot g_1 + U_{12}^2 \cdot g_2 + U_2^2 \cdot g_3 + U_{23}^2 \cdot g_4 + |U_3 - E_G|^2 \cdot g_5$$

где g_n – действительная часть проводимости элементов.

Для реактивной:

$$\Delta Q = U_1^2 \cdot b_1 + U_{12}^2 \cdot b_2 + U_2^2 \cdot b_3 + U_{23}^2 \cdot b_4 + |U_3 - E_G|^2 \cdot b_5$$

где b_n – мнимая часть проводимости элементов.

В результате целевая функция может быть представлена в виде:

$$F = C_A \cdot (\Delta P + P_H - P_G) + C_{A(\text{СОБСТВ})} \cdot P_G + C_P \cdot (\Delta Q + Q_H - Q_G)$$

где C_A и C_P – стоимость активной и реактивной энергии соответственно. Как правило, стоимость активной энергии от собственных источников значительно отличается от стоимости активной энергии поставляемой энергосистемой.

Целевая функция имеет разрыв, так как при потреблении либо генерации реактивной мощности в систему тариф отличается в несколько раз.

$$C_P = C_{P1} \text{ при } Q_\Sigma > 0$$

$$C_P = C_{P2} \text{ при } Q_\Sigma < 0$$

На основе метода узловых потенциалов составляется математическая модель энергосистемы:

$$\begin{cases} Y_{11} \cdot \dot{U}_1 + Y_{12} \cdot \dot{U}_2 + Y_{13} \cdot \dot{U}_3 = \dot{I}_c \\ Y_{21} \cdot \dot{U}_1 + Y_{22} \cdot \dot{U}_2 + Y_{23} \cdot \dot{U}_3 = 0 \\ Y_{31} \cdot \dot{U}_1 + Y_{32} \cdot \dot{U}_2 + Y_{33} \cdot \dot{U}_3 \leq \dot{I}_{G(\text{МАХ})} - \dot{I}_H \end{cases}$$

где Y_{11} , Y_{22} , Y_{33} – вычисляется как сумма проводимостей ветвей сходящихся в соответствующем узле,

Y_{12} – сумма проводимостей ветвей соединяющих 1-ый и 2-ой узел и т.д.

$$\dot{I}_{G(\text{МАХ})} = \frac{\dot{S}_{\text{НОМ}}}{U_H}, \text{ - максимальное значение тока генератора;}$$

$$\dot{I}_{\text{НАГР}} = \frac{\dot{S}_{\text{НАГР}}}{U_3}, \text{ - ток нагрузки.}$$

Дополнительно вводятся ограничения на величины напряжений в узлах:

$$0,9 \cdot U_H \leq U \leq 1,1 \cdot U_H$$

На последнем этапе при помощи метода обобщенного градиентного спуска разработанного для комплексных нелинейных функций, с комплексными ограничениями определяется оптимальный ток генератора. Как видно из данного примера нахождение оптимального значения целевой функции без применения средств вычислительной техники весьма трудоемко, а при даже незначительном усложнении конфигурации системы электроснабжения практически невозможно.

Для автоматизации процесса оптимизации систем электроснабжения промышленных предприятий разработан программно-аппаратный комплекс, включающий в себя функции:

- сбора и обработку информации;
- коммерческого и технического учета электроэнергии;
- расчет характера и уровней управляющих воздействий;
- передачу управляющих воздействий на цепи управления работой компенсирующих устройств, цепи возбуждения генераторов, схемы управления РПН трансформаторных подстанций, схемы релейной автоматики.

На ряде предприятий в настоящее время ведутся работы по внедрению в эксплуатацию указанного комплекса. Что дает возможность сэкономить от 3 до 7% от затрат на потребленную электроэнергию, что для крупных предприятий может составить до нескольких десятков и сотен тысяч гривен в месяц.

На рис.3. приведена укрупненная структурная схема автоматизированной системы управления режимами работы энергосистемой крупного промышленного предприятия.

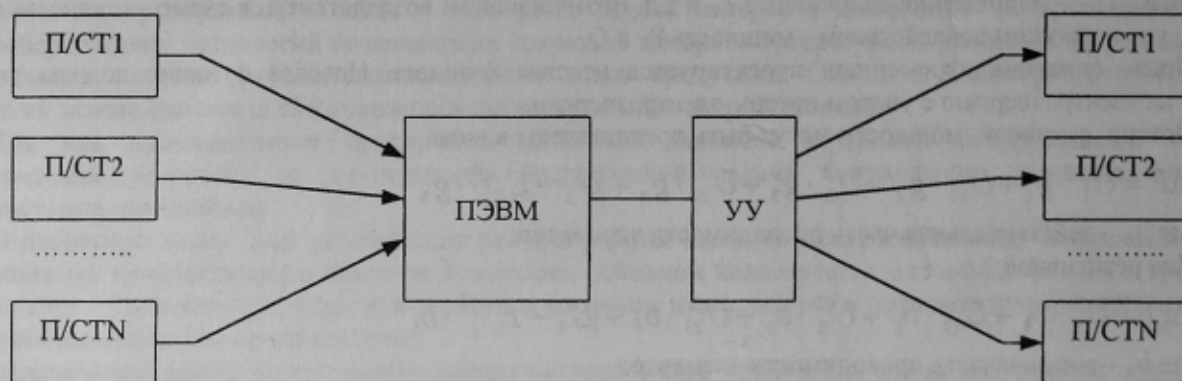


Рисунок 3 - Структурная схема автоматизированной системы управления режимами работы энергосистемы

Автоматизированная система ситуационного управления режимами электроснабжения промышленными распределенными объектами реализована с применением промышленных логических контроллеров типа TSX Micro, TSX Nano производимых концерном Schneider Automation.

В качестве визуализации работы системы применена специально разработанная, для этих целей, система визуализации Smart Vision /1/. Особенность системы визуализации Smart Vision по отношению к известным SCADA системам заключается в ее оптимизации для управления крупными распределенными объектами с представлением информации не только технологического плана но и географического расположения объектов контроля и управления. На эту же систему возложены функции коммерческого и технического учета энергоносителей, в том числе и электроэнергии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жуков С.Ф., Дьяченко М.Д., Платонов Р.М., Бекетов А.А. Разработка системы супервизорного управления и сбора данных применительно к энергообъектам. / Технічна електродинаміка. Проблеми сучасної електротехніки. Частина 9. Київ 2000. С.74-77.