

Запорожский национальный технический университет

## ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ С РЕКУПЕРАЦИЕЙ ЭНЕРГИИ НА СТРУКТУРУ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

*Предложен подход и разработан алгоритм построения структуры системы электроснабжения, учитывающий наличие в системе электроприводов с рекуперацией и одновременно решающий задачи определения числа узлов нагрузки, распределения между ними электроприемников и определения конструктивного исполнения источников питания.*

*Запропоновано підхід і розроблено алгоритм побудови структури системи електропостачання, що враховує наявність в системі електроприводів з рекуперацією і одночасно вирішує завдання визначення числа вузлів навантаження, розподілу між ними електроприймачів та визначення конструктивного виконання джерел живлення.*

*The approach is suggested and an algorithm is developed to construct the structure of the power supply system which takes into account the presence of the electric systems with recuperation and simultaneously solving the problem of determining the number of nodes load distribution among power consumers, the definition of embodiment of the power supply.*

В настоящее время более 60% вырабатываемой электроэнергии потребляется электроприводами средней и малой мощности. При этом доля электроприводов малой мощности (1-5 кВт) составляет 60 % от их общего количества, что соответствует 40 % от общего потребления электроэнергии, а доля электроприводов средней мощности (5-20 кВт) составляет 20 %, что соответствует 30 % от общего потребления электроэнергии.

Таким образом, электропривод как наибольший потребитель электроэнергии является главной базой для ее сбережения путем замены существующего нерегулируемого электропривода на автоматизированный регулируемый, обеспечивающий при этом рекуперацию электроэнергии в питающую сеть. Кроме того, энергоресурсосбережение средствами автоматизированного электропривода обеспечивает «лавинообразный» эффект сбережения первичных энергоресурсов за счет оптимизации технологических процессов.

Тенденция роста числа частотно-регулируемых электроприводов, обеспечивающих улучшенные динамические свойства электропривода, а также рекуперацию электрической энергии в питающую сеть при внедрении энергосберегающих технологических процессов в различных отраслях промышленности, обуславливает необходимость реконструкции существующих сетей электроснабжения. В связи с этим является весьма актуальным определить характер влияния электроприводов с рекуперацией на питающую сеть и определить мероприятия улучшения структуры сети электроснабжения с целью эффективного использования рекуперированной энергии.

Решение задачи формирования оптимальной структуры сети электроснабжения (определение количества источников питания и распределение между

ними приёмников электроэнергии, а также организации промежуточных узлов нагрузки) требует математического моделирования процессов энергообмена в системе «Электропривод - Сеть» с учетом всех электроприемников, а также специфики используемых технологических процессов [1].

Оптимальное проектирование таких систем электроснабжения предполагает одновременное решения задач: определения числа узлов нагрузки и их координат; распределения между ними электроприемников; определения конструктивного исполнения (мощности) источников питания; учета дискретности конструктивного исполнения элементов системы электроснабжения; минимизации субъективной оценки проектировщика при определении структуры сети.

Используемые в настоящее время методы проектирования таких систем электроснабжения осуществляют решение вышеуказанных задач по отдельности и без учета явления рекуперации, что не дает возможности говорить об оптимальных решениях по критериям минимума капитальных затрат и потерь электроэнергии.

Анализ существующих подходов к формированию структуры систем электроснабжения показал, что существует метод, способный решать перечисленные выше задачи одновременно – это метод эквипотенциальных поверхностей [3].

Суть данного метода заключается в проведении аналогии между нагрузкой электроприемников ( $P_i$ ), расположенных в точках  $(x_i; y_i)$ , и потенциалами некоторых источников энергии, расположенных в тех же точках. Потенциалы этих источников равны нагрузке приемников. При удалении от точки расположения приемника потенциал от источника, расположенного в той же точке, будет уменьшаться. Совокупность всех потенциалов источников образует потенциальную поверхность, имеющую максимум, который определяет место (координаты) установки источника питания.

Аналогичную поверхность можно построить и для приемников, работающих в режиме рекуперации, где  $P_i$  принимает значение, равное величине рекуперуемой энергии, но со знаком минус.

Совмещение этих двух поверхностей приводит к изменению координат максимума, тем самым уточняются координаты установки источника питания. Таким образом, построение структуры системы электроснабжения, содержащей электроприводы с рекуперацией, можно представить в виде следующего алгоритма.

На первом этапе строится потенциальная поверхность для электроприемников в режиме потребления.

На втором этапе строится поверхность для режима, в котором электроприемники осуществляют возврат электроэнергии в питающую сеть.

Затем производится наложение этих поверхностей, и на суммарной поверхности выделяется максимум функции, координаты которого и определяют место расположения источника питания.

Важным моментом в определении этих координат является учет зон запрета прокладки линий и установки источников питания. Для этого возможно использовать методы распознавания образов, в соответствии с которыми предусмотрено разбиение пространства объекта на области, которые не пересекаются, каждая из которых соответствует отображению одного и того же класса, к которому допустимо элементарное математическое описание [2].

На следующем этапе производится отбор электроприемников по «потенциальному» критерию, а затем по «техническому» с учетом дискретности конструктивного исполнения элементов. В результате этого формируется группа электроприемников первого источника питания, которые исключаются из дальнейшего рассмотрения при формировании структуры сети.

После этого вновь строятся две (если остались электроприемники с рекуперацией) либо одна (если все электроприемники с рекуперацией присоединены к источникам питания) потенциальные поверхности и осуществляется формирование группы электроприемников второго источника питания.

В результате циклического действия (до тех пор пока все электроприемники не получают свой источник питания) формируется радиальная структура системы электроснабжения, после чего осуществляется проверка возможности организации промежуточных источников питания.

На последнем этапе производится оценка возможности (по критериям минимума капитальных затрат и потерь электроэнергии) замены отдельных участков радиальной сети на магистральные участки.

Предложенный алгоритм был реализован программно с помощью языка программирования Python и пакета математического вычисления SciPy.

**Выводы.** Предложенный подход к построению структуры систем электроснабжения, содержащих электроприводы с рекуперацией энергии, позволяет формализовать одновременное решение трех основополагающих задач проектирования таких систем: оп-

ределение числа узлов нагрузки и их координат, оптимальное распределение между ними электроприемников, определение мощности источников питания, а также формирование оптимальной топологии сети.

#### Список использованной литературы

1. Андриенко П.Д. Влияние входного LC-фильтра 4 Q-S преобразователя на процессы энергообмена в системе «Электропривод – Сеть» / П.Д. Андриенко, А.П. Заболотный, О.В. Немыкина // Сб. научных трудов ДГТУ. Тематич. вып. «Проблемы автоматизированного электропривода». – 2007. – С.530 – 531.
2. Качан Ю.Г. О возможности распознавания топологии оптимальной системы электроснабжения / Ю.Г. Качан, В.В. Дьяченко // Гірнична електромеханіка та автоматика. – 2007. – № 78. – С.3-5.
3. Авдеев І.В. Розвиток методу еквіпотенційних контурів для проектування розподільчої мережі / І.В.Авдеев, А.П. Заболотний, Д.В. Федоша, С.А.Теліпайло, В.С. Мамбаєва // Вісн. Нац. ун-ту "Львівська політехніка". Тематич. вип. "Електроенергетичні та ел.механічні системи". – 2009. – № 637. – С. 3-7.

Получено 30.06.2011



Заболотный Анатолий Петрович,  
канд. техн. наук, доцент  
каф. Электроснабжения промышленных предприятий ЗНТУ,  
69063, Запорожье, Жуковского 64,  
0617698280,  
zap@zntu.edu.ua



Купревич Анна Сергеевна,  
магістр електротехніч.  
фак-та ЗНТУ,  
69063, Запорожье, Жуковского 64,  
0617698280



Федоша Денис Владимирович,  
аспирант каф. электроснабжения  
промышленных  
Предприятий ЗНТУ,  
69063, Запорожье,  
Жуковского 64,  
0617698280,  
fdv@zntu.edu.ua