

Рисунок 3 – Моделируемая схема

На рисунке 4 представлен график зависимостей  $I$  (ток),  $S$  (сечение),  $l$  (длина), который построен исходя из результатов моделирования для марки кабеля КГЭШ.

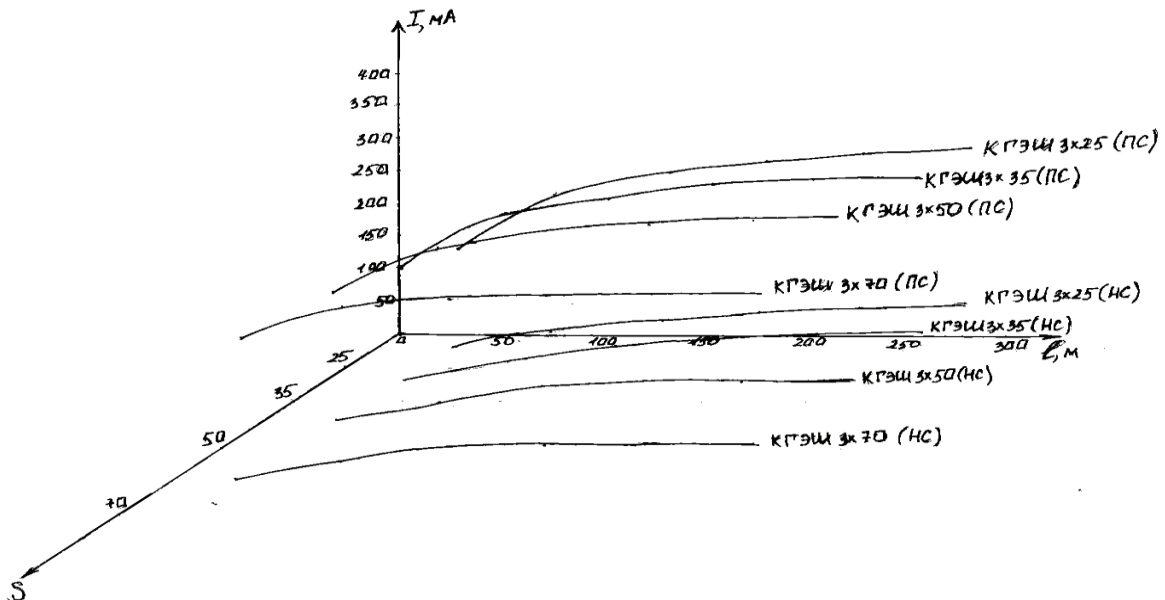


Рисунок 4 - График зависимостей  $I$ ,  $S$ ,  $l$

УДК 622.333

## ОБ ОЦЕНКЕ ЖИВУЧЕСТИ УЗЛОВ НАГРУЗКИ

Ментель А.Н., студентка; Ковалёв А.П., д-р техн. наук, профессор  
(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина)

В энергетике под живучестью объекта понимается: свойство объекта противостоять возмущениям, не допуская их каскадного развития с массовым нарушением питания потребителей [1]. Под живучестью узла нагрузки будем понимать способность потребителей и их автоматических средств защиты противодействовать возмущениям, которые могут привести к аварийному его отключению.

Живучесть электроэнергетической системы (ЭЭС) зависит от ее структуры, конфигурации, надежности электрооборудования, средств РЗ и противоаварийной автоматики, а также от квалификации обслуживающего его персонала, запаса устойчивости, резерва активной мощности [2]. При КЗ в элементах сети и отказе в срабатывании ряда защитных

коммутационных аппаратов (ЗКА), через которые протекал сквозной аварийный ток, происходят так называемые цепочечные аварии [3]. На их долю приходится 90 % ущерба, наносимого потребителям электрической энергии [4]. Степень расстройств функционирования установок при авариях и нарушениях в работе называют глубиной [4,5]. Глубина цепочечной аварии зависит от места появления КЗ и числа отключившихся коммутационных аппаратов, через которые протекал сквозной аварийный ток и привел в действие их токовые защиты. Глубину цепочечной аварии можно характеризовать числом ложно отключившихся неповрежденных потребителей (секции шин) либо их убытками, которые связаны с недоотпуском электроэнергии, простоем оборудования и расстройствами технологических циклов. Поэтому вопросы, связанные с математическим моделированием и оценкой живучести узлов нагрузки реальной подстанции с учётом надёжности всех видов защиты, есть актуальная научно-техническая задача.

Показателем живучести может служить частота появления системных цепочечных аварий с различной глубиной нарушения электроснабжения. Частота их возникновения при КЗ в защищаемом элементе сети и отказов в срабатывании ряда ЗКА, через которые протекал сквозной аварийный ток, определяется по формуле [6]:

$$H_r = \frac{1}{2^m} \sum_{j=1}^n \lambda_j \prod_{i=1}^m \Theta_i^2 \omega_i^2, \quad (1)$$

где  $\lambda_j$  – параметр потока независимых КЗ в  $j$ -м элементе сети;  $\omega_i$  – параметр потока отказов в срабатывании  $i$ -го ЗКА;  $\Theta_i$  – интервал времени между диагностикой системы отключения  $i$ -го ЗКА вместе с его релейной защитой или системы АВР;  $m$  – число ЗКА, через которые протекал сквозной аварийный ток (при этом действие их основной или резервной РЗ обязательно), или число секционных коммутационных аппаратов с АВР, отказавших во включении;  $n$  – число единиц электрооборудования, получающих электроэнергию от  $i$ -го коммутационного аппарата и входящие в зону действия его токовых защит.

Формула (1) справедлива при выполнении двух условий:

– интервалы времени между появлениями КЗ в элементе сети и интервалы времени между отказами в срабатывании ЗКА не противоречат экспоненциальным функциям распределения вероятностей с параметрами соответственно  $\lambda_j, \omega_i$ ;

– выполняется условие

$$\Theta_i \omega_i < 0,1 \quad (2)$$

При выводе формулы (1) приняты были следующие допущения:

– устройства защиты могут выходить из строя только тогда, когда они находятся в режиме ожидания;

– если к моменту возникновения повреждения в сети, на которое должна реагировать РЗ, она находилась в исправном состоянии, то маловероятен ее выход из строя в режиме тревоги. Интервалы времени между отказами средств защиты в 100 и более раз больше среднего времени нахождения средств защиты в необнаруженном отказавшем состоянии.

Отказы в схемах РЗ и приводе выключателя выявляются и устраняются только в результате абсолютно надёжной диагностики. Под отказом в срабатывании ЗКА будем понимать такой отказ, который приводит к отказу в отключении поврежденного элемента сети при КЗ в зоне действия его релейной защиты.

В случае, если сроки диагностики систем отключения ЗКА будут одинаковы (то есть,  $\Theta_i = \Theta, i = 1..m$ ), формула (1) примет вид:

$$H_r = \frac{1}{2^m} \sum_{j=1}^n \lambda_j \Theta^{2m} \prod_{i=1}^m \omega_i^2 \quad (3)$$

Вероятность появления каскадной аварии (или потеря живучести узла нагрузки)  $Q(t)$  в течение времени  $t$  можно определить по выражению:

$$Q(t) = 1 - e^{-H_r t}, \text{ в том случае если: } H_r t < 0,1 \text{ тогда } Q(t) \cong H_r t \quad (4)$$

#### Перечень ссылок

1. Надежность систем энергетики. Терминология. – М.: Наука, 1980.
2. Руденко Ю. Н., Ушаков И. А. Надежность систем энергетики. – М.: Наука, 1986, 251 с.
3. Китушин В. Г. Определение характеристик отказов системы при цепочечном развитии аварий. – Энергетика и транспорт, 1977, №3.
4. Гук Ю. Б. Анализ надежности электроэнергетических установок. – Л.: Энергоатомиздат, 1988, 222 с.
5. Розанов М. Н. Надежность электроэнергетических систем. – М.: Энергоатомиздат, 1984, 198 с.
6. Ковалев А. П., Чурсинов В. И., Якимович В. В. Оценка вероятности появления цепочечных аварий в энергосистемах. – Вестник Кременчугского гос. политехн. ун-та, 2004, вып. 3/2004(26).

УДК 621.791.76

### **ПОРІВНЯННЯ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ПІКОВИХ СТРУМІВ І ВТРАТ НАПРУГИ В МЕРЕЖІ ЖИВЛЕННЯ МАШИН ТОЧКОВОЇ КОНТАКТНОЇ ЗВАРКИ**

**Мухін В.В., студент; Погрібняк Н.М., доц., Ph.D.; Болотнов Д.В., магістр.**  
(Донецький національний технічний університет, м. Донецьк, Україна)

Контактна зварка є одним з найбільш розповсюджених способів отримання нероз'ємних з'єднань. У теперішній час понад 30% всіх зварних з'єднань виконується методами контактної зварки. Машини точкової контактної зварки (МТКЗ) працюють у імпульсному режимі: короткі (тривалістю 0,01 – 0,1 с) імпульси навантаження, що сягають кількох сотень ампер, чергуються з тривалими паузами [1]. При виборі електричної мережі живлення машин точкової контактної зварки важливим є забезпечення необхідного рівня напруги у мережі через можливість виникнення браку зварних з'єднань, а для вибору захисту необхідно знати пікові струми, що створюються у мережі при одночасному ввімкненні зварювальних машин.

Розрахунок пікових струмів і втрат напруги виконується за діючими Вказівками [2], в основу яких покладена двохступінчата впорядкована діаграма зварювальних струмів МТКЗ, що призводить до збільшення розрахункових значень втрат напруги, внаслідок чого можуть бути необґрунтовано завищені капітальні витрати на електричну мережу.

Для розв'язання задачі необхідно:

- виконувати розрахунки струмів і напруг у мережі при будь-якій комбінації одночасно ввімкнених зварювальних машин (ЗМ). Така програма, що передбачає програмне формування необхідних для розрахунку матриць з'єднань, контурів, опорів, ЕРС, розроблена;

- розробити алгоритм розрахунку функцій розподілу пікових струмів і втрат напруги у мережі. Точно визначити ці функції розподілу можна тільки при невеликій кількості зварювальних машин, а якщо їх кількість сягає сотень, та й навіть перевищує 20-25, необхідно застосовувати приблизні методи, за якими можна отримати тільки діапазони можливих значень або приблизні значення пікових струмів і втрат напруги. На кафедрі «Електропостачання промислових підприємств і міст» розроблені нові методи визначення розрахункових значень пікових струмів і втрат напруги: «Метод граничних функцій розподілу» і «Метод випадкового вибору».

Метод Граничних функцій розподілу дозволяє визначити можливий діапазон значень пікових струмів і втрати напруги у мережі. Для зменшення обсягів розрахунків у цьому методі, МТКЗ розподіляються на 7 груп в залежності від кількості фаз та того, до яких фаз підключена машина (по три групи з однофазними та двохфазними МТКЗ, підключеними до різних фаз і одна група з трифазними зварювальними машинами). Після такого розподілу розглядаються вже не всі можливі комбінації одночасного ввімкнення зварювальних машин, а всі можливі комбінації ввімкнення різних кількостей машин з груп. Для отримання функцій розподілу визначається ймовірність кожної комбінації та пікові струми і втрати напруги у мережі.