

*Е.И.Хованская, И.А.Шедловский, кандидаты техн. наук,  
(Украина, Днепрпетровск, Национальный горный университет)*

## **ВХОДНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ТЯГОВЫХ СЕТЕЙ ШАХТНОГО ТРАНСПОРТА С ИНДУКТИВНОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ ЭНЕРГИИ ПОВЫШЕННОЙ ЧАСТОТЫ**

Исследования параметров тяговых сетей транспорта с индуктивной передачей энергии повышенной частоты для угольных шахт показали, что входное сопротивление сети зависит от состояния ее электрооборудования и конструктивных особенностей [1,2]. Для определения места расположения поврежденного компенсирующего конденсатора исследованы и обоснованы значения параметров оперативного сигнала, обеспечивающие однозначную зависимость реактивной составляющей входного сопротивления от координаты повреждения.

Входное сопротивление, измеренное с большой погрешностью, снижает точность определения места повреждения и соответственно эффективность разработанного устройства, а чрезмерно высокие показатели - необоснованно увеличивают его стоимость. Необходимо определить требования к точности измерения параметров используемыми устройствами [3].

Приведенные результаты исследования, направленные на оценку точности измерений реактивной составляющей, охватывают как тяговые сети с равномерным распределением компенсирующих конденсаторов, так и реальные с неравномерным распределением компенсирующих конденсаторов на некоторых участках .

*Входное сопротивление тяговой сети с равномерным шагом компенсации при межвыводном коротком замыкании компенсирующего конденсатора*

Рассматриваемая тяговая сеть характеризуется равномерным шагом компенсации (220м) и одинаковой емкостью компенсирующих конденсаторов (6.58 мкФ). Общая длина прямого и обратного проводов сети составляет 8560 м. Количество компенсирующих конденсаторов  $n = 38$ . В зависимости от порядкового номера аварийного компенсирующего конденсатора реактивная составляющая входного сопротивления, при неизменной частоте, изменяется в пределах от 5 до 102 Ом (рис.1,а). При условии целостности всех компенсирующих конденсаторов  $\text{Im}(Z_{вх}) = 99.36 \text{ Ом}$ .

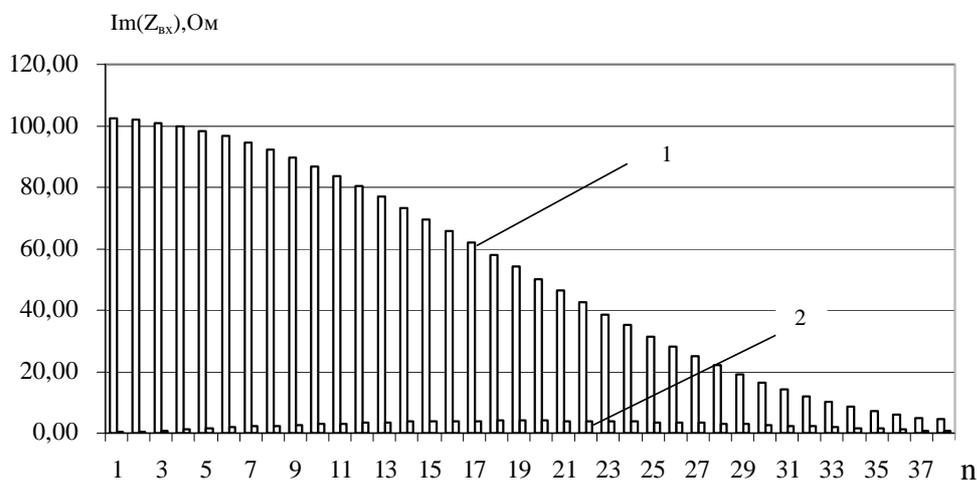
Частота, при которой получены зависимости изменения реактивной составляющей входного сопротивления от порядкового номера потерявшего ем-

кость компенсирующего конденсатора, близка к оптимальной для данной линии и имеет значение 7.485 кГц.

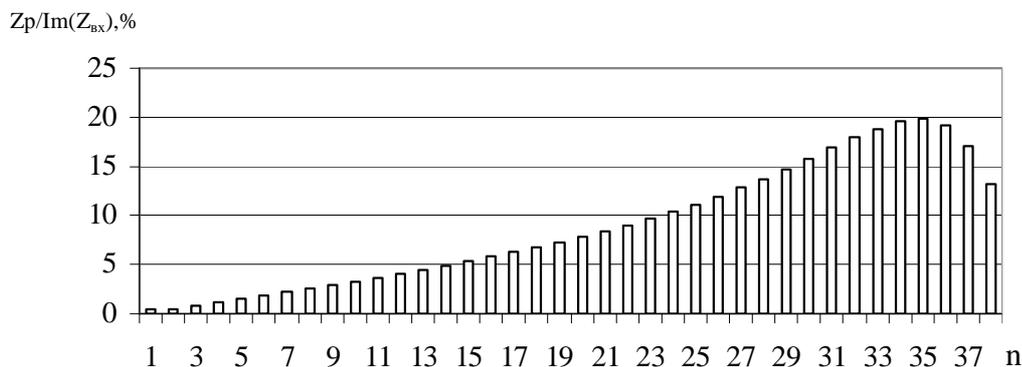
Оценка точности метода определения места расположения компенсирующего конденсатора с межвыводным коротким замыканием производится по значению разности реактивной составляющей входного сопротивления при моделировании межвыводного короткого замыкания поочередно на соседних компенсирующих конденсаторах, т.е.

$$Z_p = \text{Im}(Z_{\text{вх}}(C_{k+1})) - \text{Im}(Z_{\text{вх}}(C_k)), \quad (1)$$

где  $k = 2 \dots n$ . Относительное значение  $Z_p / \text{Im}(Z_{\text{вх}}(C_k))$  (рис.1, б) позволяет определить требования к точности измерений реактивной составляющей входного сопротивления.



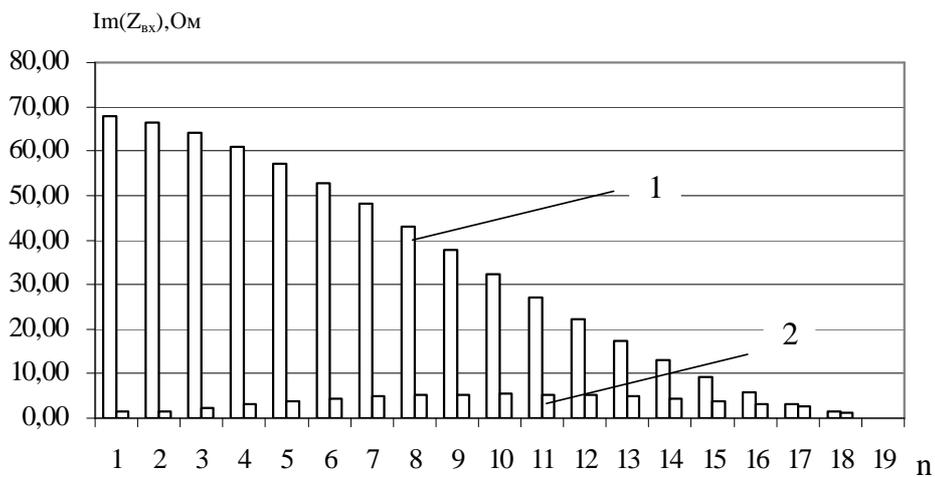
а



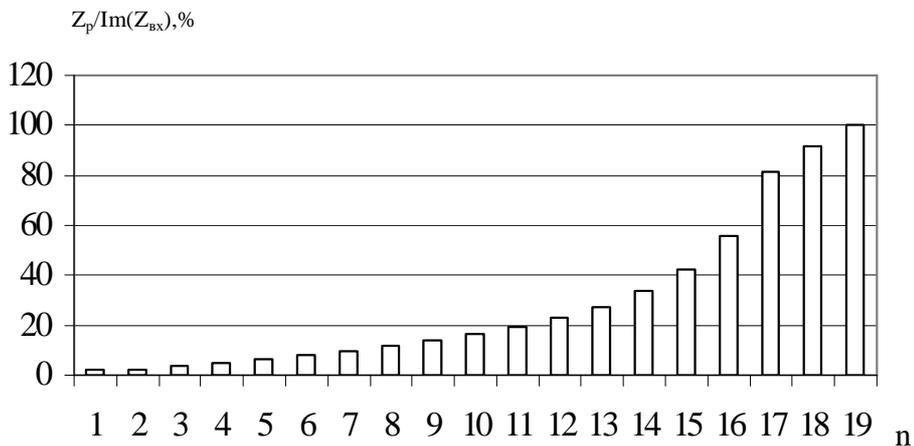
б

Рис.1. Зависимости мнимой составляющей входного сопротивления (1), входного сопротивления линии длиной 8.56 км (2) от номера компенсирующего конденсатора с межвыводным коротким замыканием – а; относительное значение  $Z_p / \text{Im}(Z_{\text{вх}})$  – б..

При заземлении на одном из компенсационных пунктов, расположенных в конце тяговой сети, возможно определение компенсирующего конденсатора с межвыводным коротким замыканием по входному сопротивлению одного из проводов. Реактивная составляющая входного сопротивления первого провода тяговой сети изменяется в пределах от 2 до 67 Ом при моделировании межвыводного короткого замыкания поочередно на компенсирующих конденсаторах 1С1–1С19 (рис.2). В случае, когда емкость всех компенсирующих конденсаторов соответствует расчетной  $\text{Im}(Z_{\text{вх}}) = 66.57$  Ом, оптимальная частота 12.15 кГц.



а



б

Рис.2. Зависимость мнимой составляющей входного сопротивления (1) и входного сопротивления первого провода (2) от номера компенсирующего конденсатора с межвыводным коротким замыканием – а; относительное значение  $Z_p/\text{Im}(Z_{\text{вх}})$  – б.

Для второго провода тяговой сети изменения  $\text{Im}(Z_{\text{вх}})$  находятся в пределах от 2 до 68 Ом, а с исправными конденсаторами  $\text{Im}(Z_{\text{вх}})=65.02$  Ом. Оптимальная частота 12.735 кГц. Отличие значений оптимальной частоты для первого и второго проводов сети определяется наличием в конце сети замыкающей петли.

Исследование входного сопротивления первого провода сети (длина провода 4.38 км) показало, что реактивная составляющая этого сопротивления принимает значения от 2 до 68 Ом при 19-ти компенсирующих конденсаторах (рис.2). Сравнение входных сопротивлений линий длиной 8.56 км и 4.38 км свидетельствует о возрастании диапазона изменений входного сопротивления с увеличением длины исследуемой линии. Наиболее существенно изменяется реактивная составляющая входного сопротивления при межвыводном коротком замыкании компенсирующих конденсаторов, расположенных ближе к концу исследуемой линии. Отношение значений  $Z_p/Z_{\text{вх}}$  превышает 90% для сети длиной 4.38 км, а при длине сети 8.56 км оно не превышает 20%. Минимальное значение  $Z_p/Z_{\text{вх}}$  в рассмотренных вариантах составляет 1-2% и соответствует выходу из строя компенсирующих конденсаторов, расположенных в начале линии.

Учитывая конструктивные особенности тяговых сетей, возможно создание, на период измерений, заземления на одном из компенсирующих конденсаторов в конце тяговой сети, искусственно уменьшив длину исследуемой линии вдвое [1]. Это позволит снизить требования к погрешности используемых измерительных устройств и повысить точность метода диагностики. Для уточнения координаты неисправности целесообразно входное сопротивление сети измерять при заземлении начала первого или второго проводов сети.

### *Входное сопротивление тяговой сети бесконтактного транспорта шахты им. газеты "Известий" ГХК "Донбассантрацит"*

Тяговые сети проектируются с учетом существующих условий откаточных выработок. Вследствие сложной конфигурации выработок, отличия горно-геологических условий в разных местах прокладки тяговой сети, необходимости оборудования разминок, заездов компенсирующие конденсаторы включены в рассечку тягового провода неравномерно. Соответственно длине компенсируемого участка подбирается и емкость конденсатора. Так, в тяговой сети, применяемой на шахте им. газеты "Известий" ГХК "Донбассантрацит", емкость компенсирующих конденсаторов находится в пределах 5.8 - 14 мкФ. Тяговая сеть имеет длину 4.51 км. В первом проводе сети находятся 22 компенсационных пункта. Во втором проводе - 24. Как в первом, так и во втором проводах компенсирующие конденсаторы расположены неравномерно и имеют различную емкость [4]. В соответствии с вышеизложенным для этой тяговой сети определены зависимости мнимой составляющей входного сопротивления от номера компенсирующего конденсатора с межвыводным коротким замыканием.

На зависимостях (рис.3 и 4) заметны нехарактерные изменения реактивной составляющей, которые происходят вследствие короткого замыкания конденсаторов, емкости которых приблизительно вдвое превышают емкость типового компенсирующего конденсатора (1С2 - 11.8 мкф, 2С57 - 14.199 мкф, 2С68 - 11.8 мкф и 2С64-1 -14.15 мкф). Для эксплуатируемой тяговой сети характерны те же особенности изменения реактивной составляющей входного сопротивления, что и для сети с равномерно расположенными конденсаторами.

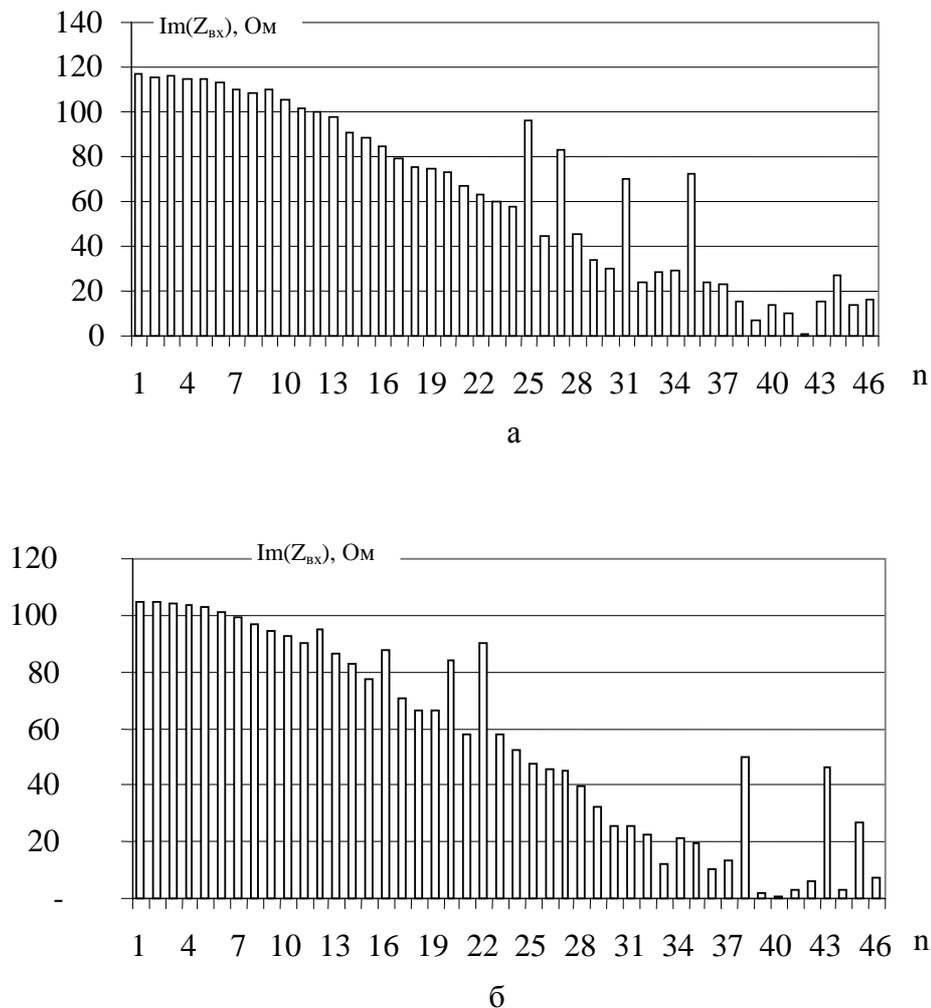
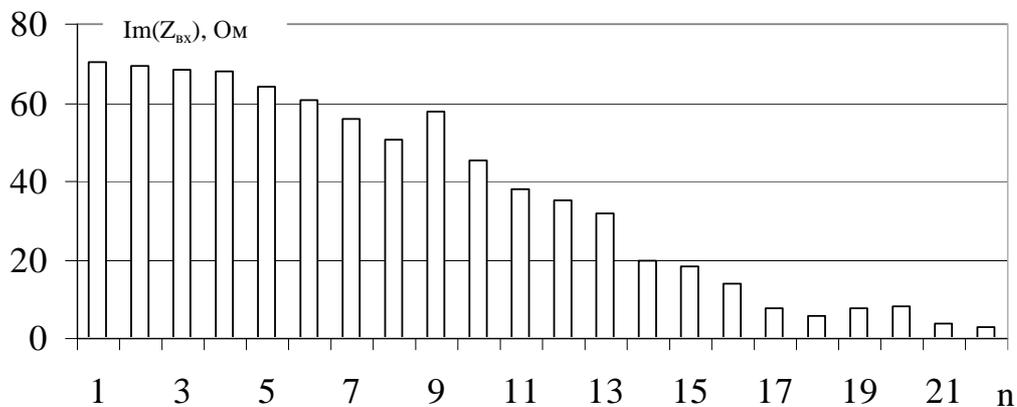


Рис.3. Зависимость мнимой составляющей входного сопротивления тяговой сети шахты им. газеты "Известий" от номера неисправного компенсирующего конденсатора: а – заземлено начало 2-го провода; б – 1-го провода

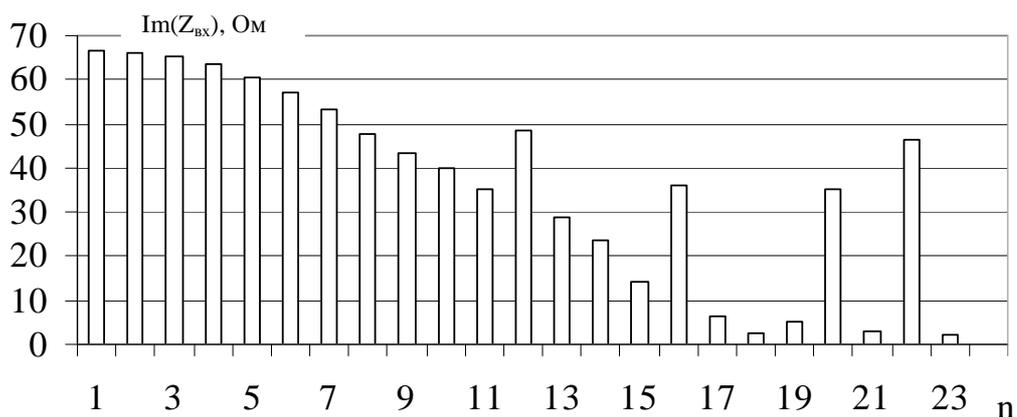
Неравномерное расположение компенсирующих конденсаторов в реальных тяговых сетях приводит к тому, что зависимость входного сопротивления от места расположения конденсатора с межвыводным коротким замыканием в некоторых случаях неоднозначна.

Приведенные результаты оценки входного сопротивления сети позволяют использовать описанные способы для определения места расположения повре-

жденного конденсатора. Это даст возможность сузить диапазон поиска поврежденного конденсатора до проверки 2-3-х взрывобезопасных оболочек, которые находятся в определенных компенсационных пунктах и тем самым сократить время на обнаружение и устранение неисправности.



а



б

Рис.4. Зависимость мнимой составляющей входного сопротивления тяговой сети шахты им. газеты "Известий" от номера неисправного компенсирующего конденсатора: а – заземлено начало 1-го провода; б – 2-го провода

Для точного указания места повреждения измерительное устройство должно обеспечивать определение реактивной составляющей входного сопротивления в пределах от 0 – 200 Ом с погрешностью 5 %.

#### Список литературы

1. Транспорт с индуктивной передачей энергии для угольных шахт/ Г.Г. Пивняк, И.П. Ремизов, С.А. Саратикянц и др.: Под ред. Г.Г. Пивняка. - М.: Недра, 1990.- 245 с.

2. Зражевский Ю. М., Шедловский И. А. Моделирование входного сопротивления тяговой сети транспорта с индуктивной передачей энергии. // Техн. электродинамика. 1996. - №3. С -14-17.
3. Гущина Т.М. Измерение параметров электрических цепей в диапазоне низких и высоких частот.- М.:Машиностроение, 1977.-195с.
4. Рабочий проект откатки высокочастотными электровозами В14 для шахты им. газеты «Известия» ПО «Донбассантрацит». Пояснительная записка РП 5533-1/ Министерство угольной промышленности УССР - Красный Луч, 1987.-34с.