

Н. А. Хабаров и В. Л. Карпин

### ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ЧИСЛА ПОРВАННЫХ ПРОВОЛОК В КАНАТЕ

При работе канатно-пробежной машины интересующие экспериментатора участки канатов находятся на различных высотах и подход к ним затруднен. Если до настоящего времени канатно-пробежные машины строились для одного каната и число порванных проволок определялось непосредственным подсчетом, то такой способ для машины, на которой испытывается одновременно много отрезков канатов, слишком утомителен и требует много времени. Кроме того, не исключена возможность порыва проволок внутри каната. Предлагаемая нами схема электромагнитного прибора позволяет определить число порванных проволок в любом участке каната.

Фиг. 1

Испытуемый канат пропускается через медную трубку с продольной прорезью, которая препятствует возникновению кольцевых токов. На трубку насажены две катушки с намотанным на них изолированным проводом.

Через одну катушку (намагничивающую) пропускается переменный ток технической частоты (50 периодов). Вокруг катушки образуется переменное магнитное поле, в котором находится испытуемый участок каната. Канат служит железным сердечником катушки

и усиливает это поле во много раз. При пересечении магнитными силовыми линиями переменного магнитного поля витков второй катушки, которую мы назовем приемной, в ней индуктируется переменная ЭДС. Эта ЭДС зависит от живого сечения каната, т.е., если между катушками проходит участок каната, на котором все проволочки целы, то ЭДС будет больше, чем в случае, когда проходит участок с порванными проволочками.

Приемная катушка присоединена через двухполупериодный селеновый выпрямитель к милливольтметру постоянного тока, шкала которого отградуирована в процентах площади сечения каната. Между выпрямителем и милливольтметром включается низкочастотный дроссель, который сглаживает переменную составляющую выпрямленного тока, что полностью уничтожает вибрацию стрелки прибора.

Для поддержания постоянного напряжения на клеммах намагничивающей катушки мы использовали ламповый стабилизатор напряжения. Необходимо заметить, что ферромагнитный или амплитудные стабилизаторы напряжения в этой схеме неприемлемы, так как нам необходимо сглаживать среднеквадратичное изменение силы тока. Ламповый стабилизатор напряжения очень прост и удобен в эксплуатации. Несколько осветительных ламп включается последовательно в цепь намагничивания с накалом. Когда по какой либо причине напряжение питающей сети падает, то сила тока уменьшается, нити ламп охлаждаются и их сопротивление падает. Уменьшение общего сопротивления намагничивающей цепи вызывает увеличение силы тока в намагничивающей катушке. Таким образом, сила тока питающего намагничивающую катушку поддерживается постоянной.

В одном из вариантов схемы мы использовали в качестве стабилизатора берретер, но как и следовало ожидать, результаты стабилизации оказались хуже.

При разработке электрической схемы мы остановились на схеме, питаемой переменным током технической частоты, так как применение тока повышенной частоты потребовало бы специального оборудования и усложнило бы прибор.

Необходимое число витков намагничивающей катушки определяется по формуле:

$$n_1 = \frac{H_{max} \cdot l}{0,4 \pi I_{max}}$$

где  $H_{max}$  напряженность внешнего поля при прохождении гистерезисной петли,  
 $I_{max}$  — намагниченность вершины гистерезисной петли,  
 $l$  — длина катушки.

Число витков приемной катушки определяется по формуле:

$$n_2 = \frac{10^8 E}{4,44 S_2 f B_{max}}$$

где  $B_{max}$  — максимальная индукция каната,  
 $E$  — среднеквадратичная величина индуктированной в катушке ЭДС (в вольтах),  
 $S_2$  — сечение каната,  
 $f$  — частота перемагничивания.

Однако пользование этими формулами затруднено, так как нам численно неизвестны  $B_{max}$  и  $H_{max}$ . Для нахождения этих величин необходимо провести специальные эксперименты. Наилучшее сочетание всех параметров может быть найдено опытным путем, тем

более, что для работы прибора вовсе не потребуется знание магнитной индукции каната.

Изменение силы тока в намагничивающей цепи осуществляется посредством реостата. Меняя сопротивление реостата, устанавливаем стрелку милливольтметра на деление соответствующее 100% площади сечения каната. Теперь обрыв каждой проволоки будет фиксироваться прибором. Таким образом производится тарировка шкалы прибора.

Для определения всех параметров по разработанной нами схеме (фиг. 1) мы изготовили первый вариант прибора и приспособления для его тарировки.

На первом варианте измерителя нами было произведено около 850 замеров. Схема оказалась наиболее эффективной и чувствительной при напряжении на намагничивающей катушке 44 вольта, силе тока 0,22 А. При этом число витков намагничивающей катушки  $N_1 = 3000$ , а число витков приемной катушки  $N_2 = 350$ . Расстояние между катушками 30 мм. Такая схема дала отклонение, в среднем, 0,8% измерительной шкалы на 1% площади сечения каната. Испытывались две пряди 15 мм каната.

Экспериментатору удобнее иметь прибор, который показывал бы процент порванных проволок, а не процент живого сечения. Этого можно достигнуть несколько видоизменив схему прибора, сделав ее дифференциальной. С этой целью необходимо построить еще по одной намагничивающей и приемной катушке. В их трубку вставляется эталонный канат. Намагничивающие и приемные катушки включаются параллельно, при чем, приемные катушки включаются в противофазе.

Допустим, что канат не имеет обрывов проволок, тогда он будет индуцировать в приемной катушке ЭДС такой же величины, что и эталон, и стрелка будет стоять на нуле. Если же в пространство между катушками попадает ослабленное сечение каната, то ЭДС приемной катушки станет меньше. Равенство напряжений приемных катушек испытуемого каната и эталона нарушится и через прибор пойдет ток, который будет тем больше, чем больше обрывов в канате. Стрелка милливольтметра покажет процент порванных проволок.

В заключение необходимо отметить, что такие приборы можно употреблять не только на канатно-пробежных машинах, но и во всех ответственных механизмах, в которых применяются канаты. Прибор прост и стоимость его невелика. Его применение значительно увеличит безопасность работы на грузоподъемных машинах.