

Н. П. РЯШЕНЦЕВ, А. В. ФРОЛОВ

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ЧИСЛА ВИТКОВ КАТУШКИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО УДАРНОГО УЗЛА ТИПА УЭ-1

(Представлено кафедрой горных машин и рудничного транспорта)

Влияние числа витков катушки на режим работы электромагнитного ударного узла можно проанализировать, используя уравнение электрического равновесия

$$u = iR + \frac{d\psi}{dt},$$

где u — напряжение сети,

iR — падение напряжения на омическом сопротивлении катушки R при протекании по ней тока i ,

$\frac{d\psi}{dt}$ — скорость изменения потокосцепления ψ по времени t .

Заменяя потокосцепление Ψ суммой потокосцеплений рассеяния Ψ и основного Ψ_0 и считая, что основной поток Φ_0 , проходящий непосредственно по рабочему воздушному зазору, сцепляется с полным числом витков катушки W , можно написать:

$$u = iR + \frac{d}{dt} (W\Phi_0 + WK_p\Phi_p).$$

где K_p — коэффициент, учитывающий долю участия всех витков катушки в создании потокосцепления рассеяния, а произведение WK_p — эквивалентное число витков катушки, сцепляющихся с потоком рассеяния.

Заменяя магнитный поток через магнитную проводимость G и намагничивающую силу катушки iW имеем:

$$u = iR + \frac{d}{dt} (W^2iG_0 + W^2 \cdot K_p iG_p).$$

Продифференцировав выражение (1), находим число витков катушки

$$W^2 = \frac{u - iR}{(G_0 + K_p G_p) \frac{di}{dt} + i \frac{d}{dt} (G_0 + K_p G_p)}. \quad (2)$$

Умножив и разделив правую часть знаменателя на $d\delta$, где δ — перемещение бойка, получим

$$W = \sqrt{\frac{u - iR}{(G_0 + K_p G_p) \frac{di}{dt} + iV \frac{d}{dt} (G_0 + K_p G_p)}}. \quad (3)$$

В выражении (3) V представляет собою скорость перемещения бойка.

Магнитные проводимости воздушных зазоров не зависят от величины протекающего по катушке тока и для данной конструкции ударного узла электромагнитного типа являются величиной постоянной при тех же самых воздушных зазорах. Следовательно, при неизменном напряжении сети u с изменением числа витков, в первую очередь, изменяется величина тока i , протекающего в катушке, причем знаменатель изменяется быстрее числителя, так как падение напряжения на активном сопротивлении катушки iR составляет, как правило, не более 6%. Известно, что электромагнитная сила тяги зависит от величины тока, но не от скорости его изменения [1]. Поэтому при изменении тока в катушке будет изменяться величина электромагнитной силы, перемещающая боек и, как следствие, скорость движения бойка.

Знаменатель выражения (3) представляет собою сумму э. д. с. трансформации и э. д. с. движения [1, 2] или, умножив числитель и знаменатель на ток i , сумму мощностей, идущих на создание механической работы и запаса магнитной энергии катушки. Таким образом, анализ выражения (3) показывает, что при уменьшении или увеличении числа витков катушки W происходит изменение соотношений между мощностями, затрачиваемыми для создания механической работы и запаса магнитной энергии катушки, которые характеризуют к. п. д. и коэффициент мощности ударного узла. В ударном узле электромагнитного типа часть потребляемой из сети активной энергии расходуется на совершение полезной работы, а другая часть на преодоление вредных сопротивлений (трение, деформация пружины, гистерезис, вихревые токи, потери энергии в омическом сопротивлении). Анализ выражения (3) показывает, что при увеличении W одновременно происходит уменьшение тока и магнитного потока, т. е. потерь в меди и потерь на вихревые токи. Магнитная энергия электромагнита пропорциональна произведению тока на потокосцепление [1, 2]. При решении уравнения электрического равновесия при условии $R = 0$, видно, что потокосцепление электромагнита определяется только величиной и характером изменения напряжения u . Следовательно, при увеличении числа витков более оптимального возможно возрастание (до некоторого предела) к. п. д., несмотря на уменьшение энергии единичного удара. С другой стороны, при уменьшении числа витков происходит увеличение потерь в меди и в стали вследствие увеличения тока и магнитного потока. Магнитный поток достигает величины насыщения, увеличиваются размагничивающие действия вихревых токов и радиальные электромагнитные силы (в результате увеличения потоков рассеяния и насыщения полюсов). Поэтому энергия удара, к. п. д. и $\cos \varphi$ должны уменьшаться.

Аналитически из выражения (3) довольно трудно определить оптимальное значение числа витков катушки, так как неизвестен закон изменения тока по времени. Поэтому в настоящее время большой практический интерес представляет экспериментальное определение оптимального числа витков катушки для каждой конкретной конструкции электромагнитного ударного узла. С этой целью одновременно

с исследованиями рабочих процессов электромагнитного ударного узла типа УЭ-1 [3] были проведены экспериментальные исследования по выбору оптимальных обмоточных данных катушки ударного узла. Результаты экспериментов (рис. 1) показывают, что при увеличении числа витков от 380 и выше к. п. д. возрастает, причем вначале бы-

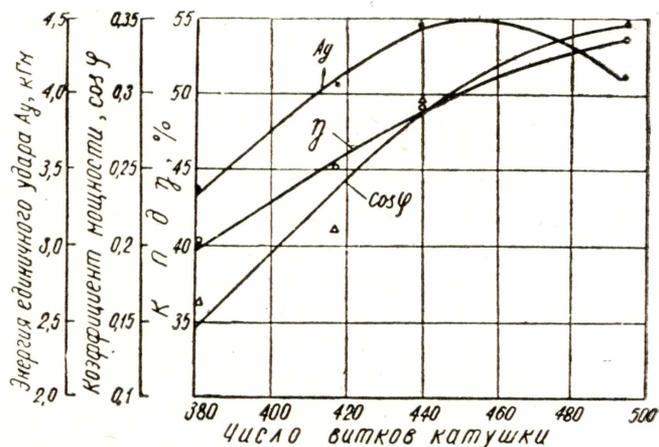


Рис. 1. Зависимость энергии удара (A_y), коэффициента мощности ($\cos \varphi$) и к. п. д. (η) от числа витков катушки.

стрее, а затем медленнее. Следует подчеркнуть, что при числе витков $W \geq 500$ наблюдается неудовлетворительный запуск и неустойчивый режим работы ударного узла. Практически при любых соотношениях начального воздушного зазора и начального поджатия бойка пружинной наблюдается остановка бойка в положении магнитного равновесия как при запуске, так и в процессе работы. Аналогичные явления наблюдаются и при $W \leq 380$ витков. Следует отметить, что полученные значения η и $\cos \varphi$ не являются предельными для электромагнитных ударных узлов со свободным выбегом бойка.

Таким образом, в результате экспериментальных исследований по выбору оптимального числа витков катушки электромагнитного ударного узла типа УЭ-1, установлено следующее:

1. Оптимальное число витков при энергии удара 4,5 кгм составляет 450.

2. При отклонении числа витков катушки от оптимального уменьшается энергия единичного удара.

3. В случае необходимости уменьшения энергии удара следует увеличивать число витков, так как при этом одновременно увеличивается к. п. д. и коэффициент мощности электромагнитного ударного узла типа УЭ-1.

ЛИТЕРАТУРА

1. П. Л. Калантаров, Л. Р. Нейман. Теоретические основы электротехники. ГЭИ, 1951.

2. А. И. Москвитин. Электрические машины возвратно-поступательного движения. АН СССР, 1950.

3. О. Д. Алимов, Н. П. Ряшенцев, А. В. Фролов. О создании электрических бурильных машин вращательно-ударного действия. Статья в данном сборнике.