

УДК 621.316.549

ОПТИМИЗАЦИЯ ИНДУКЦИОННО-ДИНАМИЧЕСКИХ ПРИВодОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИНОМИАЛЬНОЙ РЕГРЕССИВНОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ

Гилёв А.А.

Для рассмотрения оптимальных по коэффициенту полезного действия индукционно-динамических приводов электроаппаратов предполагается использовать полиномиальную модель второго порядка, коэффициенты которой найдены с помощью методов планирования многофакторных экспериментов. Показаны практические преимущества, полученные в результате такого синтеза.

В последнее время в электроаппаратостроении все более широкое распространение получили индукционно-динамические приводы (ИДП) с емкостными накопителями.

В научной литературе имеется целый ряд публикаций по методам анализа работы ИДП с применением теории поля, интегральных уравнений или классических методов теоретических основ электротехники.

Однако при использовании ИДП в мощных вакуумных выключателях с ходом контактов 10...20 мм встает вопрос о выборе конструктивных параметров накопителя, обеспечивающих максимум КПД устройства.

Для ИДП с емкостными накопителями КПД принято выражать формулой:

$$\eta = \frac{W_m}{W_c} = \frac{m \cdot V^2}{C \cdot U^2},$$

где W_m – кинетическая энергия подвижной части аппарата; W_c – энергия, запасенная в емкостном накопителе; V – скорость перемещения подвижной части аппарата; C и U – емкость и напряжение накопительной батареи конденсаторов соответственно; m – масса подвижных частей.

Для решения задачи синтеза оптимального по КПД его математическая модель представлена в виде полинома:

$$\eta = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i \cdot x_i + \sum_{\substack{i,j=1 \\ i \neq j}}^k b_{ij} \cdot x_i \cdot x_j + \sum_{i=1}^k b_{ii} \cdot x_i^2,$$

здесь x_i – параметры привода; b_i , b_{ij} – постоянные коэффициенты.

В качестве переменных выбраны следующие параметры привода и нагрузки: x_1 – число витков катушки индуктора; x_2 – диаметр провода катушки (мм); x_3 – жесткость нагрузочной характеристики механической части электроаппарата (Н/м); x_4 – начальное усилие; x_5 – масса подвижных частей (кг); x_6 – емкость накопительного конденсатора (мкФ); x_7 – начальное напряжение на конденсаторе (В).

Для получения значений коэффициентов полинома проведен активный натурный эксперимент согласно центральному ортогональному композиционному плану, содержащему 143 опыта. При обработке результатов эксперимента проверена однородность дисперсий в опытах, значимость коэффициентов по t -критерию Стьюдента, а также адекватность математической модели при дисперсии воспроизводимости опытов близкой к нулю. Все 36 коэффициентов регрессивного полинома, описывающего поверхность отклика, оказались значимыми и равными:

$b_0=7,097$	$b_{12}=-0,573$	$b_{24}=-0,0511$	$b_{37}=-0,0505$	$b_{11}=-1,193$
$b_1=0,602$	$b_{13}=0,0676$	$b_{25}=0,0308$	$b_{45}=0,00304$	$b_{22}=-0,517$
$b_2=1,006$	$b_{14}=-0,0557$	$b_{26}=-0,0489$	$b_{46}=0,0357$	$b_{33}=0,0796$
$b_3=-0,265$	$b_{15}=0,123$	$b_{27}=0,128$	$b_{47}=0,0018$	$b_{44}=-0,309$
$b_4=-0,222$	$b_{16}=-0,154$	$b_{34}=0,0346$	$b_{56}=0,0252$	$b_{55}=-0,182$
$b_5=-0,467$	$b_{17}=0,0519$	$b_{35}=-0,0312$	$b_{57}=0,21$	$b_{66}=-0,669$
$b_6=-0,0269$	$b_{23}=0,0505$	$b_{36}=0,0202$	$b_{67}=-0,0116$	$b_{77}=-0,875$
$b_7=0,744$				

Наибольшее отклонение расчетных КПД от опытных не превышает 15%. Процесс оптимизации параметров привода и накопительного блока приводился для некоторых заданных параметров и ограничений, налагаемых на другие параметры. Результаты оптимизации использованы в разработке ИДП для вакуумных выключателей на напряжение 27 кВ и рабочий ток 300 А.

Поступила в редакцию 22.09.1999 г.