

В.М.Катков, Н.Н.Хрисанов

ИССЛЕДОВАНИЕ ПУСКОВОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГАТЕЛЕЙ
ПОСТОЯННОГО ТОКА

При пуске электродвигателя постоянного тока протекающий в цепи якоря ток описывается следующим уравнением:

$$J(t) = \left\{ \frac{U_a}{R_a} \left[1 - \exp\left(-\frac{t}{T_a}\right) \right] - 1 \right\} \exp\left(-\frac{t}{T_{ЭМ}}\right) + J_{уст}, \quad (I)$$

где U_a - напряжение питания двигателя;
 R_a - сопротивление якоря;
 T_a - электромагнитная постоянная якоря;
 $T_{ЭМ}$ - электромеханическая постоянная двигателя;
 $J_{уст}$ - установившееся значение тока якоря.

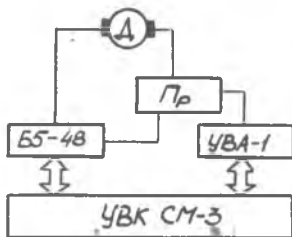
Как правило, электромеханическая постоянная двигателя $T_{ЭМ}$ значительно превосходит электромагнитную постоянную якоря T_a , поэтому пусковая характеристика двигателя имеет две ярко выраженные фазы. В первой фазе происходит быстрое нарастание тока от нуля до максимального значения с постоянной времени T_a , и во второй фазе - постепенное уменьшение тока до установившегося значения постоянной времени $T_{ЭМ}$. Исследование пусковой характеристики с помощью устройств с линейной шкалой, например, с помощью осциллографа или фиксации его в нелинейной шкале времени не дает возможности исследовать процесс при одной и той же развертке во времени или наглядно изобразить пусковую характеристику на одном графике.

Для регистрации подобных процессов наиболее предпочтительна логарифмическая развертка во времени [1], которая позволяет наглядно изобразить пусковую характеристику двигателя. Кроме того, применение прогрессивно усиливающегося сглаживания сигнала позволяет увеличить отношение сигнал/шум и регистрировать более точно значения тока в цепи якоря при более медленных изменениях тока при приближении его величины к установившемуся значению, более точно определить момент окончания переходного процесса.

Наиболее просто реализовать логарифмическую развертку во

время проведения серии выборок, увеличивая со временем интервалы между выборками.

На рис. 1 показана структурная схема установки для исследования пусковой характеристики двигателей постоянного тока, которая включает в себя устройство ввода аналоговых сигналов УВА-1, входящее в УСО УЖСМ-3, позволяющее производить до 20000 выборок в секунду, программируемый источник питания Б5-48, преобразователь ток-напряжение (Пр) и УЖСМ-3.



Р и с. 1. Структурная схема установки для исследования пусковой характеристики двигателей постоянного тока

Снятие пусковой характеристики проводится в следующей последовательности. После подачи напряжения на двигатель берется первая группа из n выборок значений тока в цепи якоря через интервал времени d . Следующие n выборок берутся через интервал времени $2d$, затем через интервал $4d$ и т.д. Полученные значения тока заносят в память ЭВМ, и затем вычисляют средние значения тока по каждой группе выборок по формуле

$$J(t_0)_{cp} = \frac{\sum_{k=1}^n J(t_k)}{n} \quad (2)$$

Время t_0 определяется как среднее значение взятия n выборок. Величины n и d определяются, исходя из требуемой точности регистрации пусковой характеристики, которая определяется по формуле

$$\Delta = \frac{J(t_0) - J(t_0)_{cp}}{J(t_0)} 100\% \quad (3)$$

где Δ - относительная ошибка регистрации;

$J(t_0)$ - истинное значение тока в момент времени t_0 ; вычисленное по формуле (1);

$J(t_0)_{cp}$ - значение тока в момент времени t_0 , вычисленное по формуле (2).

Величина относительной ошибки Δ , вычисленная по формуле (3), сильно зависит от произведения nkd , где k - номер интервала усреднения, и увеличивается с возрастанием k . Следовательно, относительная ошибка - наибольшая при приближении тока якоря к установившемуся значению. В этом интервале времени ток якоря достаточно точно описывается уравнением

$$J(t) = \exp\left(-\frac{t}{T_{эм}}\right).$$

В этом случае среднее значение n выборок, разделенных интервалом kd , равно:

$$J(t_0)_{ср} = \frac{\sum_{s=0}^{\frac{n-1}{2}} \exp\left(-\frac{t_0 - \frac{n-1}{2}kd + skd}{T_{эм}}\right) + \sum_{s=1}^{\frac{n-1}{2}} \exp\left(-\frac{t_0 + skd}{T_{эм}}\right)}{n}.$$

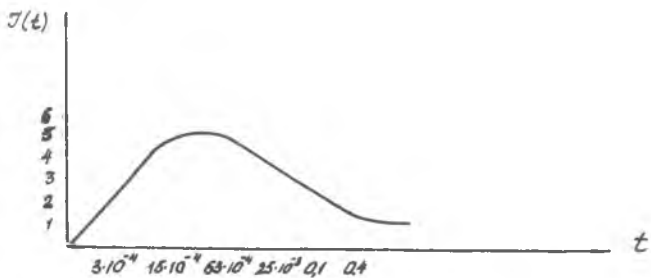
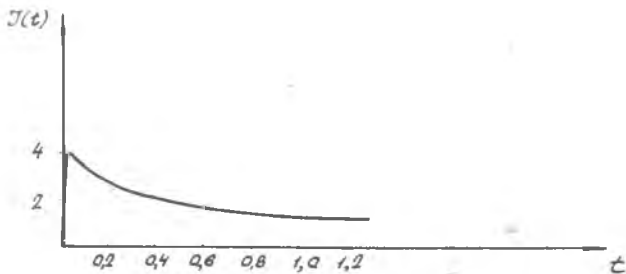
После преобразований и подстановки в выражение (3) получаем следующую формулу для оценки погрешности регистрации:

$$\Delta = \frac{\exp\left(-\frac{t_0}{T_{эм}}\right) - \frac{\exp\left(-\frac{t_0}{T_{эм}}\right) \exp\left[\frac{(n-1)kd}{2T_{эм}}\right] \left[1 - \exp\left(-\frac{nk d}{T_{эм}}\right)\right]}{n \left(1 - \exp\left(-\frac{kd}{T_{эм}}\right)\right)} \cdot 100\%$$

по которой можно выбрать оптимальные значения n и d . Нужно заметить, что не следует стремиться к малым значениям Δ в конце переходного процесса, поскольку абсолютная ошибка регистрации стремится к нулю при $t \rightarrow \infty$.

На рис. 2,а приведен график пусковой характеристики, при снятии и построении которой использовалась линейная шкала времени, на рис. 2,б - при увеличении интервалов между замерами при следующих данных: $n = 21$, $d = 0,0001$ с.

Таким образом, использование логарифмической развертки позволяет одинаково подробно исследовать все участки пусковой характеристики и, кроме того, оптимизировать точность определения значений тока в отдельные моменты времени.



Р и с. 2. График пусковой характеристики

Л и т е р а т у р а

1. Шаррок. Применение мини-ЭВМ для исследования кинетики во временном диапазоне, охватывающем несколько декад. "Приборы для научных исследований". 1977, № 9.