**2.7.**

Особенности характеристик ДПТ с ПВ

1) При сделанных допущениях механическая характеристика представляет собой гиперболу: скорость вращения ДПТ последовательного возбуждения находится в обратной зависимости от электромагнитного момента.

2) При уменьшении момента сопротивления до нуля скорость вращения неограниченно возрастает, что недопустимо по условиям механической прочности.

Говоря же о реальных двигателях, следует отметить:

- даже в режиме идеального холостого хода существует остаточный магнитный поток Фост, вследствие чего скорость идеального холостого хода Ω0 будет иметь конечную величину и определяться выражением: Ω0 = *U*/(*c*0Фост). Величина Фост незначительна и Ω0 может достигать значительных величин [31].

- в режиме реального холостого хода момент сопротивления, включающий в себя и внутренний момент сопротивления собственно двигателя, не может стать равным нулю, но его уменьшение все же может вызвать недопустимое повышение скорости вращения [31].

Поэтому у ДПТ с ПВ, как правило, запрещается сбрасывать нагрузку на валу более чем на 80% от номинальной [31].

В силу тех же причин не допускается соединение ДПТ с ПВ с приводимым в движение механизмом ременной передачей: Валы должны соединяться жестко: муфтой или зубчатой передачей [39].

Исключением являются микродвигатели, у которых и при полном сбросе нагрузки остаточный момент трения достаточно велик для того, чтобы ограничить скорость холостого хода. Склонность ДПТ с ПВ идти в "разнос" ведет к тому, что их роторы выполняются механически усиленными [31].

Ограничение скорости ДПТ последовательного возбуждения при его запуске на холостом ходу может быть осуществлено включением добавочного резистора (на рис.13 – *R*д) для повышения *R*яц и включением двигателя на пониженное напряжение [2].

3) Пусковой момент ДПТ с последовательным возбуждением при отсутствии насыщения пропорционален квадрату напряжения и обратно пропорционален квадрату сопротивления цепи якоря [2]:

*М*п= *с*0*kI*п2 = *с*0*kU*2/*R*я.ц2  (28)

Поэтому при одном и том же допустимом токе *I*п=*I*доп пусковой момент ДПТ с ПВ больше, чем пусковой момент ДПТ с НВ [31].

4) При увеличении момента нагрузки мощность, развиваемая ДПТ с ПВ (Р=Ω*М*) с учетом зависимости (8) *Р* ≈ sqrt(*М*), а в ДПТ с НВ *Р* ≈ *М.* Таким образом, у двигателей последовательного возбуждения при изменении момента нагрузки *M*c в широких пределах мощность изменяется в меньших пределах, чем у двигателей парал­лельного возбуждения. Поэтому для двигателей последовательного возбуждения менее опасны перегрузки по моменту [32].

5) (уточнение к п.1, п.3 и п.4).

|  |  |
| --- | --- |
| ris3***Рис.15. Отличие мех.х-ки ДПТ с ПВ при учете насыщения [28].*** | В реальных ДПТ с ПВ в области больших моментов, то есть при больших токах якоря (а значит, и возбуждения), имеет место насыщение магнитной цепи (большой поток). А в при насыщенном магнитопроводе Ф≈const. Это обуславливает прямую пропорциональность между моментом и током, поэтому механическая характеристика на этом участке становится практически линейной.Сказанное относится и к режиму пуска. Поэтому в действительности (с учетом насыщения) пусковой момент приблизительно пропорционален питающему напряжению [2]. |

6) Механическая характеристика асимптотически приближается к значению Ω=– *R*я.ц/*с*0*k*.

7) Жесткость механической характеристики β=*dM*/*d*Ω=(*с*0Ф)2/*R*я.ц двигателя последовательного возбуждения переменна и возрастает с увеличением нагрузки [40].

На рабочем участке характеристика ДПТ с ПВ – мягкая.

Для авиационных двигателей последовательного возбуждения мощностью от 100 Вт до 3 кВт получены следующие приближенные эмпирические формулы, определяющие кратность пускового момента μ=*М*п/*М*ном и значение номинального тока [2]:

μ=0,5+1,57\*lg*P*ном;

Iном=7,1\*10-2\**Р*ном.

**2.8**

Динамическая характеристика (эллипс 1) отличается от статической характеристики (прямая 2). Отличие объясняется влиянием на вид динамической характеристики электромагнитной инерции якорной цепи, выраженной постоянной *Тя*. Уменьшение частоты вынужденных колебаний Ω или снижение постоянной времени *Тя* приводит к снижению отклонений динамических характеристик от статических, и в пределе при *Тя*или Ω, стремящихся к 0, динамическая характеристика сливается со статической.

****

Рис. 6.4. Динамическая механическая характеристика двигателя с независимым возбуждением в режиме установившихся колебаний.

****

Влияние индуктивности в цепи якоря можно увидеть на рисунке выше. Сплошной линией обозначено изменение частоты вращения двигателя во времени при отсутствии индуктивности, а пунктирной линией при индуктивности не равной нулю.

**2.9.**

а) Если *Тм>4Тя* , то корни (2.68) характеристического уравнения вещественные и отрицательные и общее решение уравнения (2.63) имеет вид:



где *С1* и *С2*—постоянные интегрирования.

 Характер переходного процесса для рассмотренного выше случая дискретного изменения напряжения при *Тя0* показан на рис. , а, б пунктиром. Процесс увеличения частоты вращения затянут во времени по отношению к случаю *Тя=0* для того же значения *Тм ,* причем кратность изменения момента и тока ДПТ в этом случае меньше.



б) Если *Тм < 4Тя*, то корни (2.68) уравнения (2.67) комплексные, сопряженные с отрицательной вещественной частью:

где

 Общее решение (2.63) в случае имеет вид:



(2.72)

где *С3* и *С4* – постоянные интегрирования.

 В (2.69) и (2.72) первые два члена в правой части представляют собой вынужденную составляющую переходного процесса, которая соответствует установившемуся значению частоты вращения при *0*, отвечающему новому значению напряжения питания (*Uя ±Uя*), а остальные—свободную составляющую процесса. Значения постоянных интегрирования *С1—С4* находят по начальным условиям переходного процесса *1* и *d1 /dt* в момент времени *t=0* [8].

 При комплексных корнях *р1,2* переходной процесс изменения частоты вращения имеет колебательный характер, что вызвано наличием в системе накопителей двух видов энергии: электромагнитной в цепи якоря ДПТ и механической в движущихся частях ЭП.

 Качественно процесс показан на рис. , в во времени, а на рис , г на плоскости механических характеристик при дискретном увеличении напряжения.

 В момент времени *t1* частота вращения ротора достигает уровня установившегося значения напряжения *Uя+Uя* , но ток в цепи якоря больше установившегося, момент ЭД больше момента сопротивления и ротор продолжает ускоряться, а момент ЭД уменьшается. В момент времени *t2*  , наоборот, достигается равенство моментов при значительно большей частоте вращения и ЭДС двигателя, что вызовет дальнейшее снижение момента и частоты вращения. Колебательный процесс протекает с частотой свободных электромеханических колебаний

