

ДИНАМИКА ЧАСТОТНОГО РЕВЕРСА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

В. И. ПАНТЕЛЕЕВ, Б. П. СОУСТИН

(Представлена научно-техническим семинаром НИИ АЭМ)

В настоящее время достаточно полно исследована динамика частотного пуска асинхронного двигателя а. д., хотя чаще всего привод должен быть реверсивным. В связи с этим возникает необходимость исследования динамики частотного реверса с учетом электромагнитных переходных процессов, однако в литературе отсутствуют работы, посвященные этому вопросу. Оценка динамики реверса по статическим механическим характеристикам, либо по характеристикам реверса переключением порядка следования фаз приводит к неверным выводам из-за неучета ряда особенностей, имеющих место при частотном реверсе а. д.

Целью настоящей работы является выяснение особенностей динамики частотного реверса и исследование влияния на нее скорости изменения частоты.

Частотный реверс а. д. — это процесс, который обязательно начинается при незатухшем поле. Тем не менее характер изменения быстродействия, плавности в функции скорости изменения частоты как и общая физическая картина процессов может быть проще и яснее рассмотрена для реверса с затухшим полем. Поэтому исследуется реверс с затухшим полем при использовании АВМ.

Особенности частотного реверса а. д.

Известно, что реверс а. д. переключением порядка следования фаз (для краткости будем называть его в дальнейшем реверс переключением) начинается при значении относительного скольжения $s=2$ или близком к нему. В связи с этим рекомендуется [1] при исследовании реверса на аналоговой модели использовать параметры а. д., соответствующие $s=2$. При частотном реверсе в начальный момент времени, рис. 1, значение скольжения определяется лишь нагрузкой и находится в пределах от 0 до s_N . Таким образом, имеет место режим, похожий на повторное включение. Кроме того, из рис. 1 видно, что скольжение в течение всего переходного процесса лишь незначительно превышает свои максимальные значения при пуске, и, следовательно, при моделировании частотного реверса должны использоваться те же параметры а. д., что и при моделировании пуска.

Вторая особенность частотного реверса заключается в следующем. При реверсе переключением управляющий сигнал (направление вращения результирующего вектора напряжения) меняется скачком и переходные электромагнитные процессы начинаются при высоких значениях скорости и, следовательно, при больших значениях коэффициентов

затухания этих процессов. В результате электромагнитные переходные процессы быстро затухают и на участке разгона а. д. их влияние практически отсутствует. При частотном же реверсе время изменения управляющего сигнала имеет значение конечное, соизмеримое с временем всего процесса. То есть переходные электромагнитные процессы искусственно поддерживаются на некотором уровне, причем при высоких значениях скорости они лишь начинаются, а основное время их протекания приходится на низкие значения скорости, при которых значения коэффициентов затухания значительно ниже [1]. Кроме того, в связи с тем, что частота пульсаций переходного момента пропорциональна полусумме частот питания и абсолютного скольжения [2], время первой пульсации момента заметно возрастает, рис. 1, и ее амплитуда оказывает на время протекания процесса значительно большее влияние, чем при пуске.

Известно, что реверс состоит из двух этапов: торможения и пуска. При рассмотрении реверса по статическим механическим характеристикам считается, что происходит торможение, чаще всего рекуперативное, далее зона застоя и обычный частотный пуск. Из анализа динамики реверса с учетом электромагнитных переходных процессов видно, рис. 1, что возникновение зоны застоя необязательно даже при нагрузке типа $M_c = \text{const}$. Она возможна лишь тогда, когда при переходе скорости через нуль в кривой переходного момента возникает провал, либо когда время изменения частоты значительно превышает время реверса переключением. Кроме того, пуск а. д. в обратном направлении начинается с ненулевыми начальными условиями и почти всегда на частоту и напряжение большие, чем при обычном частотном пуске, что вызывает повышенную колебательность электромагнитного переходного момента после перехода скорости через нуль, рис. 1. Это является третьей особенностью частотного реверса.

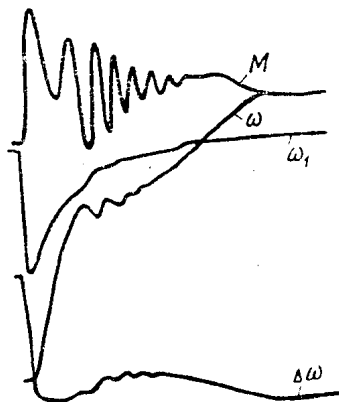


Рис. 1.

Все сказанное выше говорит о том, что электромагнитные переходные процессы оказывают значительное влияние как на быстродействие, так и на другие показатели динамики реверса а. д., и их учет необходим.

Динамические характеристики а. д. при частотном реверсе.

Исследование динамики частотного реверса а. д. проводилось решением дифференциальных уравнений а. д. на АВМ типа МН-14. Моделировался реверс из положения вращения «назад» на «вперед» по системе уравнений, записанной через потокосцепления статора и ротора [1]. Использовались параметры а. д. типа ДАТ 250-8.

Для оценки качества управляемого реверса применялись следующие критерии [2]:

$\tau_p = t_{чр} / t_{пр}$ — относительное время реверса, отношение времени частотного реверса ко времени реверса переключением;

$\mu_{\max} = \frac{M_{\max}}{M_k}$ — максимальный момент, отношение максимального переходного момента к моменту критическому;

$\Delta\mu = \frac{M_{\max} - M_{\min}}{M_k}$ — показатель колебательности переходного момента, отношение разности между максимальным и минимальным значениями переходного момента к моменту критическому;

$\Pi = \frac{dM_{\text{рп}}/dt}{dM_{\text{чр}}/dt}$ — показатель плавности, отношение производной от момента при реверсе переключением, в момент времени $t=0$, к такой же производной при частотном реверсе.

Задача исследования заключалась в определении зависимостей указанных критериев от скорости изменения частоты при реверсе изменением частоты во времени по закону экспоненты и закону суммы двух противоположных экспонент [2]. Были проанализированы зависимости этих критериев для следующих нагрузок: идеальный холостой ход (рис. 2, кривые 1), $M_c = k\omega^2$, (кривые 2), $M_c = \text{const}$ (кривые 3),

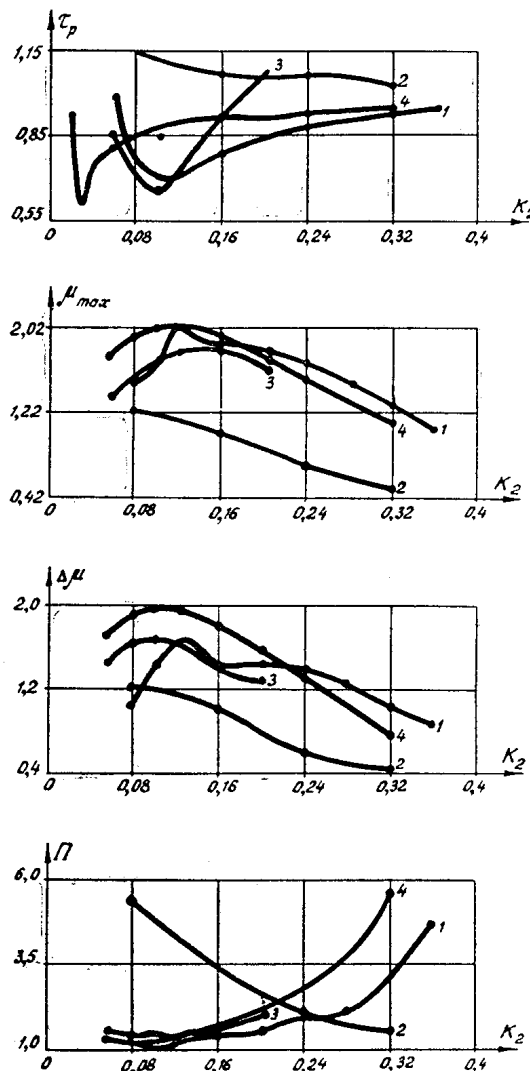


Рис. 2.

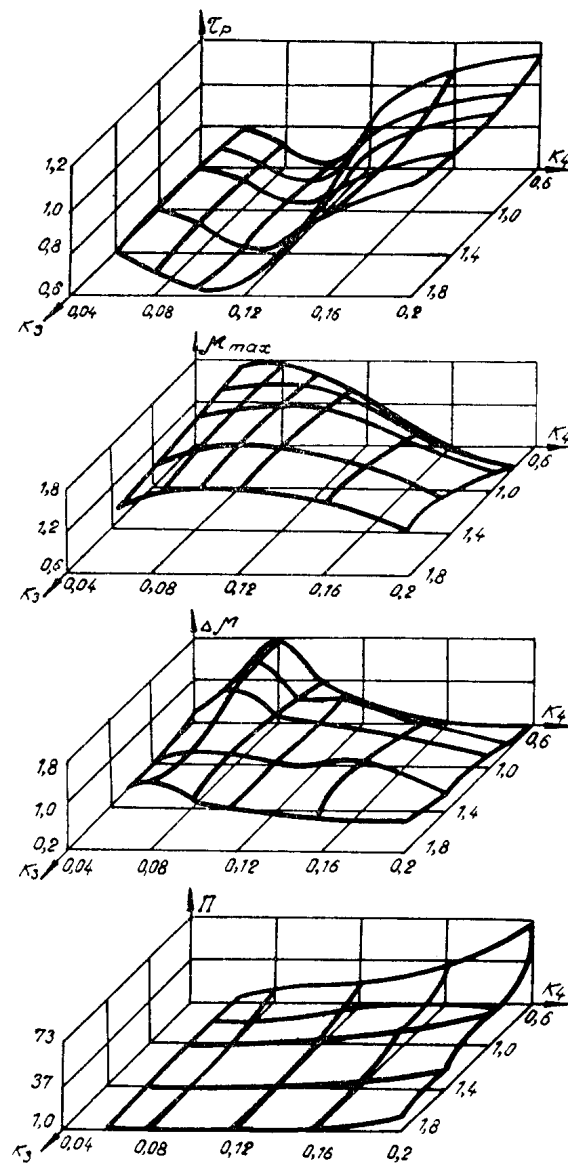


Рис. 3.

$\Gamma\Sigma = 31_p$ (кривые 4). Считалось, что напряжение регулируется по закону М. П. Костенко. Коэффициенты K_2 , K_3 и K_4 на рис. 2, 3 являются коэффициентами затухания экспонент: K_2 — экспоненциального закона, K_3 — падающей и K_4 — нарастающей экспонент закона суммы двух противоположных экспонент. Размерность их та же, что и размерность коэффициентов затухания электромагнитных процессов, а величина определялась величиной меньшего из последних [3].

При всех нагрузках, кроме вентиляторной, оказывается возможным реверсирование а. д. изменением частоты по экспоненте за время $\tau_p < 1$, минимальное значение τ_p для а. д. типа ДАТ 250-8 может быть равно 0,5. Известно, что при частотном пуске в разомкнутом электроприводе можно получать $\tau_{п} \geq 0,75$ [3], однако если при пуске имеет место одновременно с уменьшением $\tau_{п}$ снижение значений μ_{max} и $\Delta\mu$ и увеличение Π , то при частотном реверсе возможно даже увеличение этих показателей, рис. 2, это объясняется отмеченными выше особенностями. Как правило, минимальные значения $\tau_{п}$ не совпадают с максимумами μ_{max} , $\Delta\mu$, которые имеют место при определенных значениях скорости изменения частоты.

Зависимости критериев качества управляемого процесса для закона суммы двух противоположных экспонент от скорости изменения частоты (рис. 3 для $M_c = \text{const}$) имеют такой же характер, как и для экспоненциального закона, но в этом случае максимальные значения μ_{max} и $\Delta\mu$ несколько меньше.

Анализ зависимости показателя плавности от $K_{2,3,4}$ показывает, что при реверсе Π несколько увеличивается с увеличением K , т. е. скорость формирования момента обратно пропорциональна, в какой-то степени, скорости изменения частоты. Аналогичную зависимость можно отметить и для μ_{max} и $\Delta\mu$. Однако, как уже отмечалось выше, значения K , обеспечивающие минимальные значения τ_p , не совпадают со значениями K , соответствующими максимальным значениям μ_{max} , $\Delta\mu$. Поэтому можно заключить, что для привода с нагрузкой типа $M_c = \text{const}$ наиболее выгодным будет такое изменение частоты, когда на участке торможения частота изменяется быстрее в 3—5 раз, чем на всем участке пуска. Для работы с $I_\Sigma = 3I_p$ наилучшие значения показателей дает линейное изменение частоты во времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. М. Соколов, Л. П. Петров, Л. Б. Масандилов, В. А. Ладензон. Электромагнитные переходные процессы в асинхронном электроприводе. М., «Энергия», 1968.

2. В. И. Пантелеев, Б. П. Соустин. Влияние закона изменения частоты на динамику частотноуправляемого асинхронного двигателя. Сб. научных трудов электротехнического ф-та Красноярского политехнического ин-та. Красноярск, изд-во КДНТИ, 1972.

3. В. И. Пантелеев, Б. П. Соустин. К выбору скорости изменения частоты при частотном управлении асинхронным двигателем. Свердловск, «Знание», 1972.