Записки Ленинградского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени горного института, том XXXII, вып. 1, 1954 г.

К ВОПРОСУ АВТОМАТИЗАЦИИ РУДНИЧНОГО ПОДЪЕМА С АСИНХРОННЫМ ПРИВОДОМ ПРИ СКИПАХ С ДОННОЙ РАЗГРУЗКОЙ

Проф. Ф. Н. Шклярский

Автоматизация подъема при скипах с донной разгрузкой в период замедления может быть осуществлена применением режима динамического торможения асинхронного подъемного двигателя [1].

На рис. 1 расчетная диаграмма скорости в период замедления t_3 изображена пунктирной линией $\lambda\rho$. В период разгрузки t_4' предположена постоянная скорость v_3 (линия $\rho\varphi$), которая в течение периода t_4'' падает до нуля по линии $\varphi\psi$.

Согласно диаграмме усилий асинхронной машины, изображенной на рис. 2, разгон подъемного двигателя в период пуска происходит по ломаной линии *BCDEFGHIKLT*, варьирующей около заданного (расчетного) значения усилия F_1 как около среднего значения между крайними пределами F_1' и F_1''

По окончании периода пуска наступает период полного хода, в течение которого движущее усилие следует за всеми изменениями статического усилия. В предположении статически неуравновешенной системы подъема статическое усилие, а следовательно, и движущее усилие, развиваемое двигателем, работающим на естественной характеристике R_2, пусть изменяется от значения F_{s2}' в начале периода полного хода (точка N') до величины F_{s2}'' в конце этого периода (точка N). По окончании периода полного хода наступает период замедления t_3, в течение которого предположен тормозной режим, осуществляемый в виде динамического торможения. Асинхронная машина с двигательного режима на характеристике R_2 при скорости $v_н$ переводится на динамический режим путем переключения статора с переменного тока на постоянный [2].

При заданном расчетном постоянном тормозном усилии $F_в$ в период t_3' асинхронная машина в действительности будет развивать тормозное усилие, изменяющееся по ломаной кривой *bcdefghz*, варьирующей около значения $F_в$ как около средней величины между крайними пределами F' и $F_п''$. Точка z на тормозной характеристике r_4 соответствует

[1] См. статью М. Н. Василевского и К. П. Бочарова. Автоматизация скиповой подъемной установки шахты № 1 «Щегловка». «Механизация трудоемких и тяжелых работ», 1953, № 5.

[2] Некоторым увеличением значений опрокидного момента, обусловленным соответственным увеличением сопротивления роторной цепи асинхронной машины, работающей в режиме динамического торможения, пренебрегаем, имея в виду, что указанное явление не оказывает влияния на физику процесса при осуществлении динамического режима.

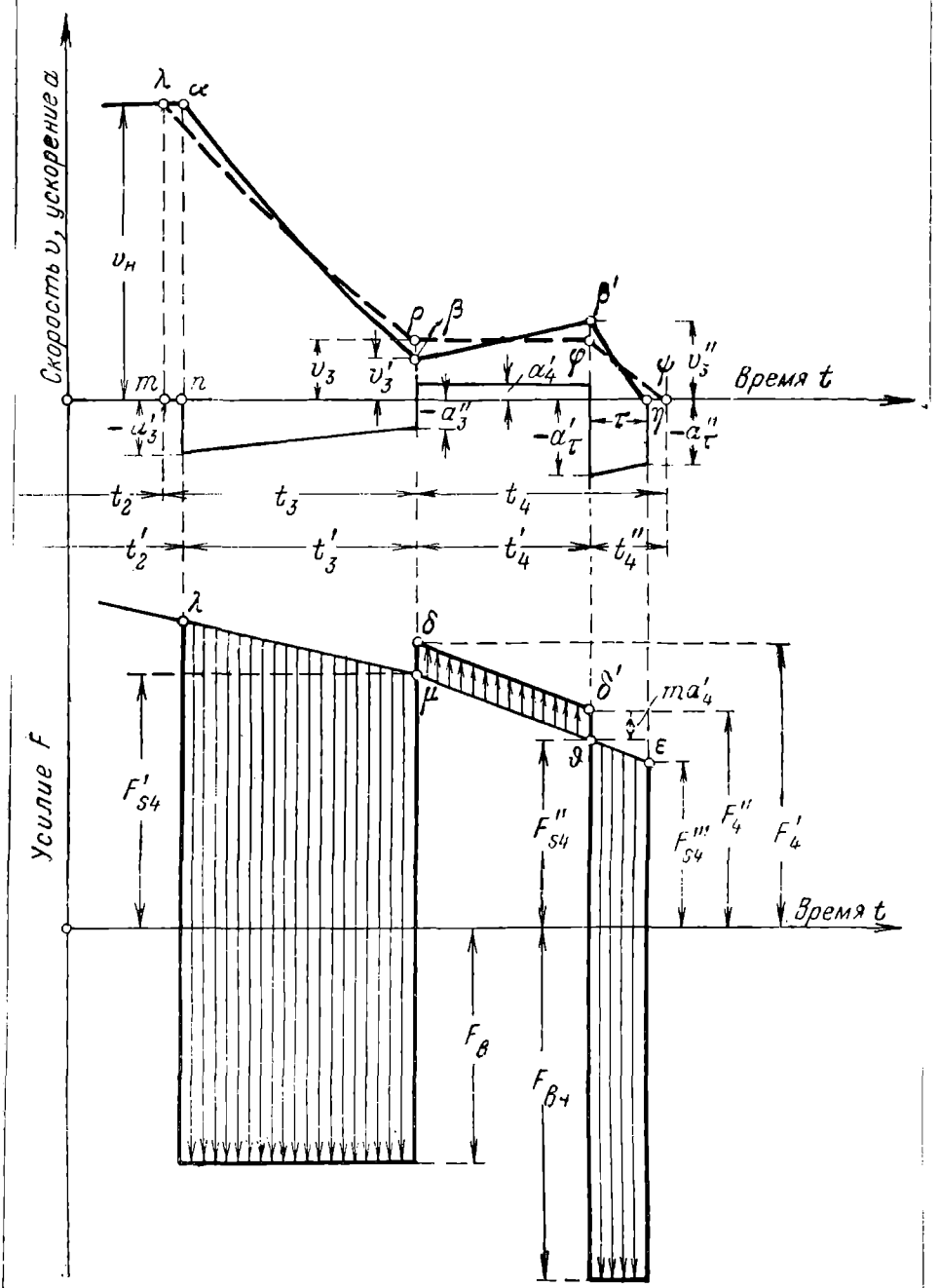


Рис. 1. Диаграммы скоростей, ускорений и усилий в период замедления для статически неуравновешенной системы подъема со скипами с донной разгрузкой

некоторой скорости $v'_3 < v_3$, где v_3 — расчетная постоянная скорость в период разгрузки t_4' (рис. 1). С этого момента асинхронная машина должна быть переведена на комбинированный режим, являющийся результатом совмещения двигательного и тормозного режимов. С указанной целью статор асинхронной машины необходимо питать одновременно как переменным, так и постоянным током при определенном сопротивлении вклю-

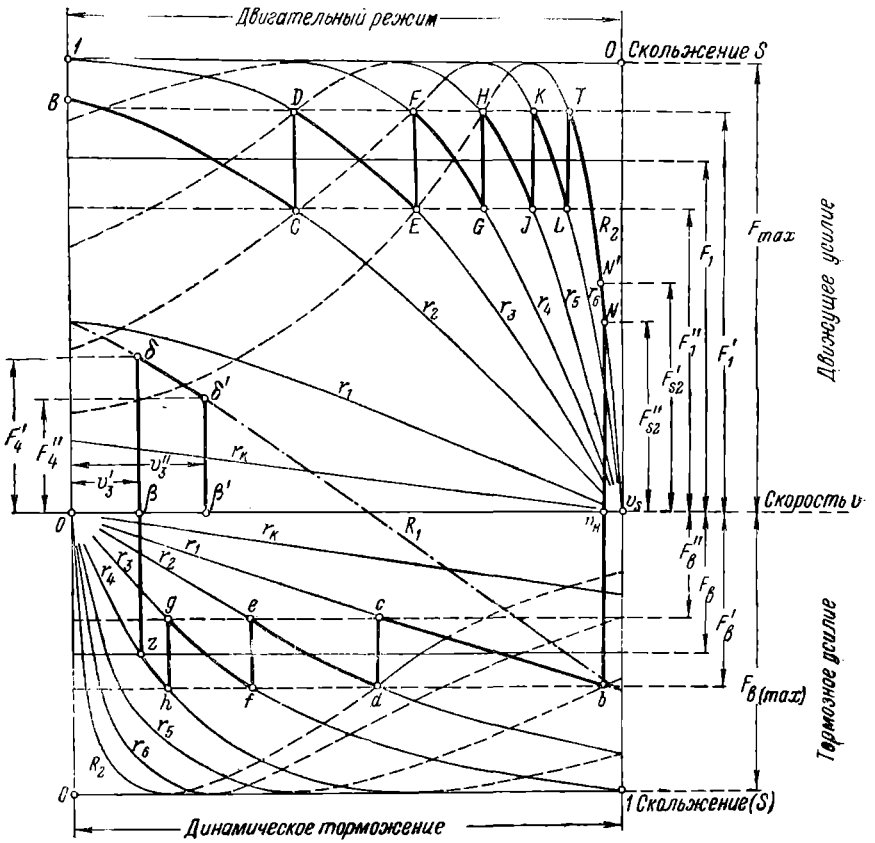


Рис. 2. Механические характеристики асинхронного подъемного двигателя, отнесенные к окружности барабана, применительно к режиму, характеризуемому диаграммами рис. 1

ченного в цепь ротора реостата. В течение периода разгрузки t_4' статическое усилие сопротивления меняется по линии $\mu\vartheta$ (рис. 1).

В указанный период можно было бы соблюсти постоянную расчетную скорость v_3 при работе асинхронной машины на абсолютно жесткой характеристике или при условии непрерывного регулирования скорости путем соответственного увеличения постоянного тока возбуждения цепи статора [1]. При отсутствии регулирования постоянного тока возбуждения статора процесс разгрузки скипа будет происходить несколько иначе.

[1] Ф. Н. Шклярский. Физико-механические основы электрического рудного подъема. Углетехиздат, 1952, стр. 220, рис. 58.

Дело в том, что асинхронная машина при комбинированном питании ее статора переменным и постоянным током должна работать на некоторой результирующей характеристике, получаемой вычитанием ординат соответственных характеристик двигательного и динамического режимов. На диаграмме рис. 2 комбинированная (результирующая) характеристика R_1 получена вычитанием ординат характеристики r_1 динамического режима из ординат характеристики r_1 двигательного режима в предположении, что при переходе на комбинированный режим асинхронной машины ступень r_k роторного реостата окажется зашунтированной, все же остальные ступени этого реостата будут включены. Так как результирующая характеристика R_1 обладает значительной мягкостью, то с изменением статического усилия, обусловливающего соответственное изменение движущего усилия, скорость в период t_4' не может быть соблюдена постоянной, равной v_3. Если в начале работы на комбинированной характеристике R_1 при движущем усилии F_4' (точка δ) получится скорость $v_3' < v_3$, то в конце периода t_4' при уменьшении усилия до величины F_4'' (точка δ') скорость возрастет до значения $v_3'' > v_3$.

Таким образом, в течение периода t_1' скорость в действительности не будет оставаться постоянной, равной v_3, а будет возрастать по линии $\beta\beta'$ (рис. 1) от значения v_3' до величины v_3''.[1]

В результате этого в течение периода t_4' будет иметь место ускорение a_4' обусловливающее превышение на величину ma_4' движущего усилия, изменяющегося по линии $\delta\delta'$ над статическим усилием, изменяющимся по линиям $\mu\vartheta$; ma_4' — величина динамической составляющей движущего усилия, где m — приведенная масса движущихся частей подъемного устройства.

В последний период $\tau < t_4''$ должен быть применен механический тормоз, развивающий тормозное усилие $F_{в4}$ (рис. 1) при выключенной асинхронной машине.

На верхней диаграмме рис. 1 расчетная скорость в период замедления изменяется по пунктирной линии $\lambda\rho\varphi\psi$. Скорость в период t_3', соответствующая постоянному тормозному усилию $F_в$, изменяется при неуравновешенной системе подъема по вогнутой линии (sin h) — $\alpha\beta$, в период t_4' при постоянном ускорении a_4' — по прямой $\beta\beta'$ и в период τ при постоянном тормозном усилии F' — по вогнутой линии $\beta'\eta$. В связи с этим в течение периода t_3'' замедление будет изменяться от величины $-a_3$ до $-a_3''$, в период же τ от значения $-a_\tau'$ до $-a_\tau''$.

Следует иметь в виду, что так как площади, ограниченные кривой скоростей и осью времен, представляют собой соответственные пути, проходимые подъемными сосудами, то площадь $m\lambda\rho\varphi\psi$, ограниченная расчетной кривой скорости, должна быть равна площади $n\alpha\beta\beta'\eta$ (рис. 1), ограниченной кривой действительной скорости.

При этом изменятся расчетные периоды t_2, t_3 и t_4'', приняв соответственно значения t_2', t_3' и τ.

На нижней диаграмме рис. 1 кривая $\lambda\mu\vartheta\varepsilon$ представляет закон изменения статического усилия за весь период замедления $(t_3' + t_4' + \tau)$.

В случае соответственного увеличения постоянного тока возбуждения цепи статора при ручном управлении можно достигнуть в период

---

[1] *На возрастание скорости в период разгрузки скипа при комбинированной работе асинхронной машины указано, между прочим, А. Е. Максимовым. См. в настоящем сборнике «Автоматизация грузового подъема с асинхронным приводом».*

t_4' (рис. 1) постоянства скорости v_3 в результате увеличения жесткости характеристики r_1 при режиме динамического торможения; при этом характеристика r_1 после постепенного перехода через ряд промежуточных характеристик превратится в конце периода t_4' в некоторую более жесткую характеристику r_1', чему, в свою очередь, будет соответствовать переход комбинированной (результирующей) характеристики R_1 в характеристику R_1' (рис. 3)

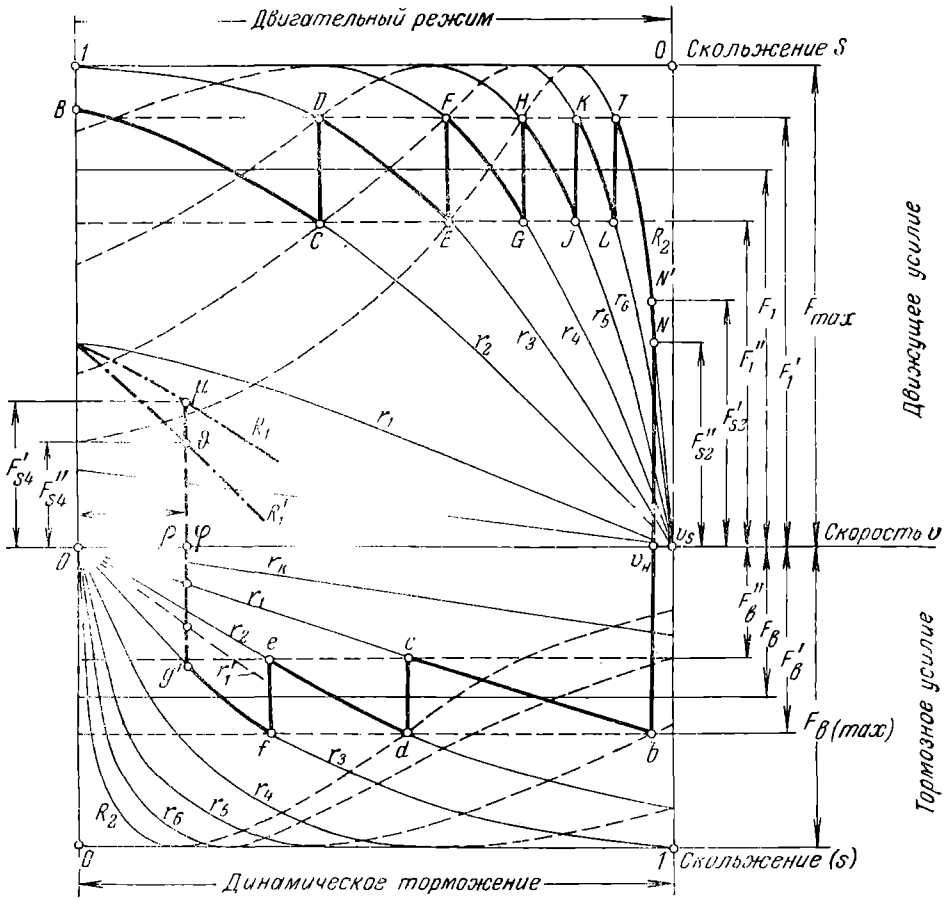


Рис. 3. Механические характеристики асинхронного подъемного двигателя, отнесенные к окружности барабана, в предположении постоянной скорости в период разгрузки t_4' (рис. 1) скипа с донной разгрузкой

В результате указанного постепенного перехода комбинированной характеристики через ряд промежуточных положений получится участок диаграммы управления в виде вертикальной прямой $\mu\vartheta$ (рис. 3), соответствующей изменению статического усилия от значения F_{s4}' в начале периода t_4' до величины F_{s4}'' в конце этого периода, при постоянной скорости v_3. Движущее усилие при этом в течение всего периода t_4' будет совпадать со статическим усилием, следуя неуклонно за всеми его изменениями.

Переход на рис. 3 к комбинированному режиму по окончании периода t_3' (рис. 1) необходимо произвести в точке g' характеристики r. Остальные обозначения на рис. 3 те же, что и на рис. 1 и 2.

Следует отметить, что на практике при автоматическом изменении (увеличении) возбуждения постоянного тока статора асинхронной машины нельзя достигнуть вертикального положения линии gd, соответствующего постоянной скорости v_3. Ввиду этого работа асинхронной машины в период t_4', при одновременном питании статора постоянным и переменным током, будет происходить примерно согласно режиму, характеризуемому диаграммами рис. 1 и 2, хотя при значительно меньшем колебании скорости в период t_4'.

Диаграммы, приведенные на рис. 1, 2 и 3, носят иллюстративный характер и имеют целью разъяснение физической стороны управления асинхронным подъемным двигателем при сложном режиме его работы.

Поступило 29. XI. 1953 г.