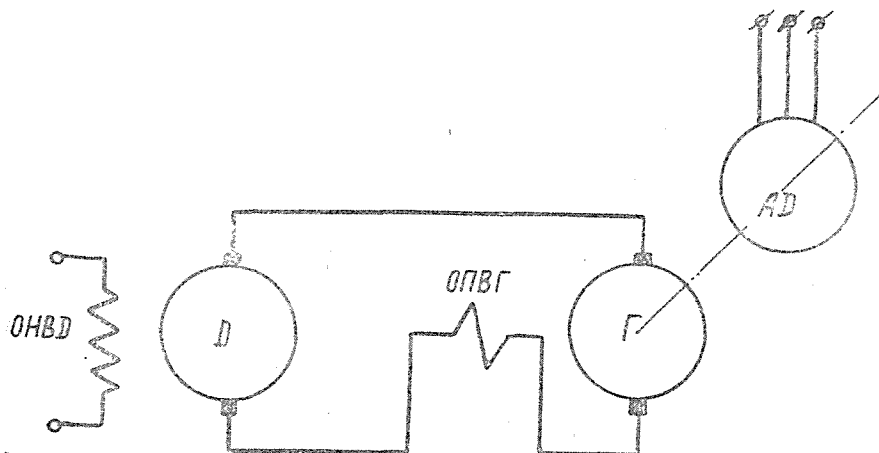


ОБ АВТОКОЛЕБАНИЯХ В ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ С ЭЛЕКТРОМАШИНЫМ УСИЛИТЕЛЕМ

Л. И. ГАНДЖА и В. А. СЕВАСТЬЯНОВ

(Представлено научным семинаром электромеханического факультета)

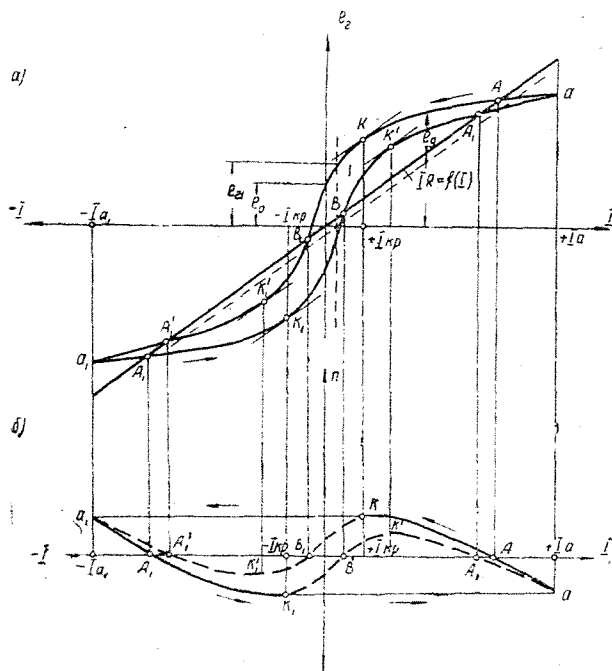
В [1; 2] были подробно рассмотрены автоколебания в электромеханической системе (фиг. 1), в которой генератор имеет последовательное, а двигатель—независимое возбуждение. Там было показано, что, если статический момент, приложенный к валу двигателя, обуславливает ток $I_{ст} < I_{кр}$, то в системе возникают автоколебания; при этом $I_{кр}$ соответствует точке K (фиг. 2а) кривой намагничивания генератора, в которой



Фиг. 1.

касательная к ней параллельна прямой, представляющей падение напряжения в силовой цепи, обладающей сопротивлением R . Было также показано, что в области KA (и $K_1 A_1$) кривой намагничивания система обладает статической устойчивостью, а в области KK_1' (и $K' K_1$)—неустойчива. Так как отрезки между кривой намагничивания и прямой $I \cdot R$ представляют собой противо э.д.с. двигателя e_d , то, исходя из (фиг. 2а), легко может быть построена статическая механическая характеристика двигателя в режиме автоколебаний (фиг. 2б). Далее было показано, что если пренебречь индуктивностью силовой цепи системы (фиг. 1), то эти автоколебания приобретают характер разрывных или релаксационных колебаний. При этом двигатель начинает разгоняться, например, от точки A к точке K (фиг. 2б), достигая максимальной скорости в точке K , являющейся точкой смены устойчивости системы. Из состояния, соответствующего точке K , система „скачком“ переходит к состоянию, соответствующему точке a_1 , в которой скорость остается равной $n_{макс}$, а ток равным I_{a1} ; начиная с точки a_1 двигатель тормозится до точки A_1 , далее разгоняется

в обратную сторону до точки K_1 , откуда „скачком“ переходит к состоянию, характеризующемуся точкой a . От точки a до точки A происходит торможение, а от A до K — снова разгон, но в прямом направлении и т. д.

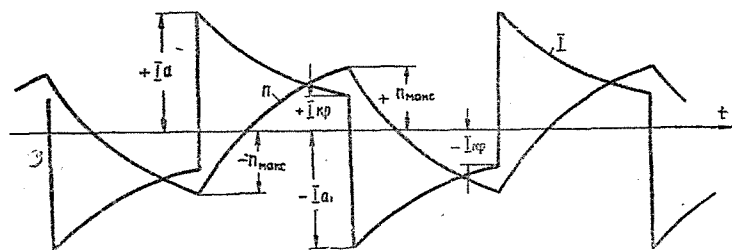


Фиг. 2.

Эти колебания характеризуются фиг. 3; они симметричны относительно оси времени так, что абсолютные значения токов после „скачка“ равны:

$$|I_a| = |I_{a1}|.$$

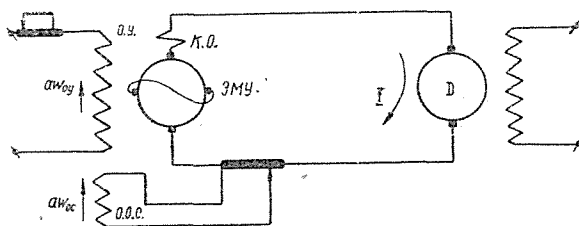
Симметрия эта обусловлена, во-первых, допущением, что индуктивность силовой цепи системы равна нулю, а во-вторых — наличием у гене-



Фиг. 3.

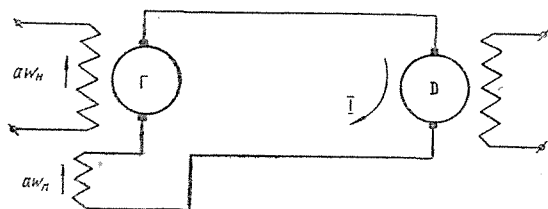
ратора только одной последовательной обмотки, благодаря чему петля гистерезиса генератора (фиг. 2а) оказывается симметричной относительно начала координат. В [1] показана возможность получения таких колебаний в системе фиг. 1, которые не сопровождаются реверсом двигателя, а представляют собой процесс чередования периодов вращения двигателя с периодами покоя двигателя; там было выяснено, что такие колебания можно получить путем увеличения индуктивности контура дополнительным введением в него катушки с железом. В статье „Влияние

индуктивности на форму автоколебаний электромеханической системы», публикуемой в настоящем томе, этот вопрос разбирается более подробно. Целью настоящей работы явилось экспериментальное исследование колебаний в системе Г—Д, в которой функции генератора выполняет электромашинный усилитель с поперечным полем. Система эта представлена на фиг. 4.



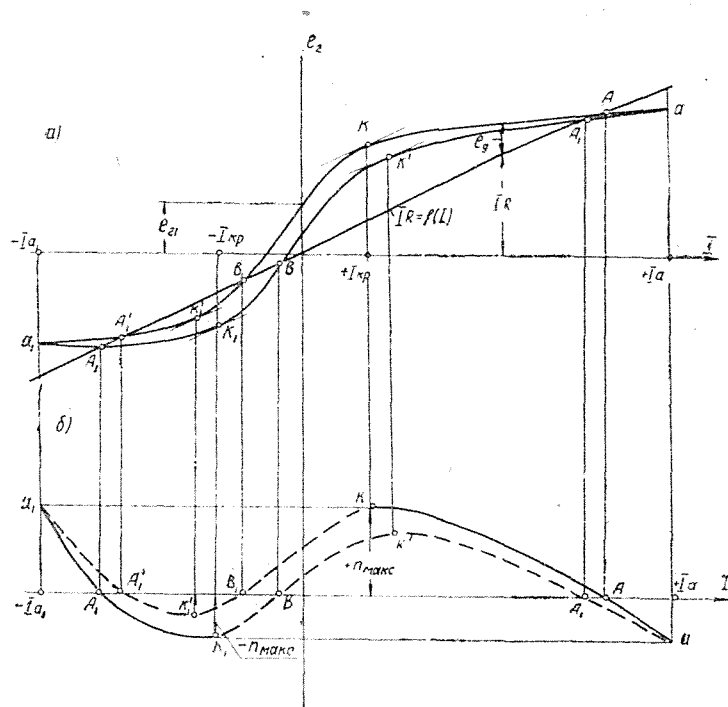
Фиг. 4.

Как из нее следует, ЭМУ имеет две обмотки возбуждения; одна из них—обмотка управления ОУ—питается от независимого источника питания, а другая—обмотка положительной обратной связи по току ООС—питается от падения напряжения на потенциометре, включенном в цепь главного тока системы. В этой системе исследовались автоколебания как при отключенной, так и при включенной и в различной степени возбужденной

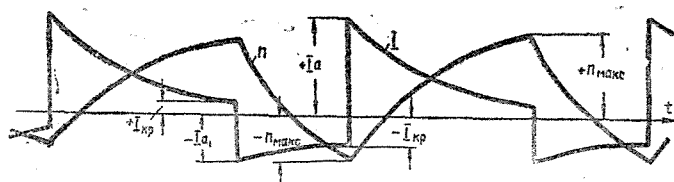


Фиг. 5.

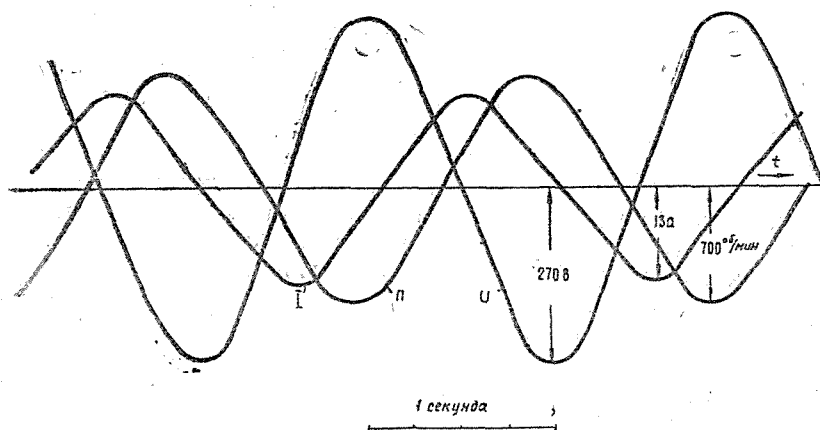
обмотке управления ОУ. Чтобы объяснить влияние ампервитков aw_{ou} обмотки управления на форму автоколебаний, рассмотрим аналогичную систему с генератором смешанного возбуждения, представленную на фиг. 5, от которой система фиг. 4 отличается только большим значением коэффициента усиления. На фиг. 5 aw_n означают ампервитки независимой обмотки возбуждения, а aw_n —то же последовательной, включенной согласно с независимой. Если в этой системе отключить независимую обмотку возбуждения, то она сведется к системе с генератором последовательного возбуждения, изображенной на фиг. 1, и механизм автоколебаний в ней может быть объяснен с точки зрения изложенного выше (фиг. 2а, б и в [1;2]). Если попрежнему пренебречь индуктивностью силового контура, то автоколебания в системе фиг. 5 при отключенной обмотке независимого возбуждения будут „разрывными“ и симметричными, такими, как это показано на фиг. 3. Если теперь независимую обмотку включить на источник питания, то благодаря наличию постоянных $aw_n \neq 0$ магнитная система генератора (фиг. 5) будет предварительно насыщена, и ее магнитный поток при $I=0$ будет больше, чем магнитный поток от остаточного магнетизма. Это приведет к смещению оси e_2 (фиг. 2а) вправо, в положение, показанное пунктиром. Если сохранить то же обозначение осей, то есть изображать зависимость e_2 только от тока I силовой цепи, то прямая $I.R=f(I)$ также должна быть параллельно смещена вправо, в положение, показанное пунктиром, поскольку теперь при $I=0$ и $I.R=0$, а $e_2=e_{21}$ и обуславливается одними aw_n . В результате петля гистерезиса ге-



Фиг. 6.



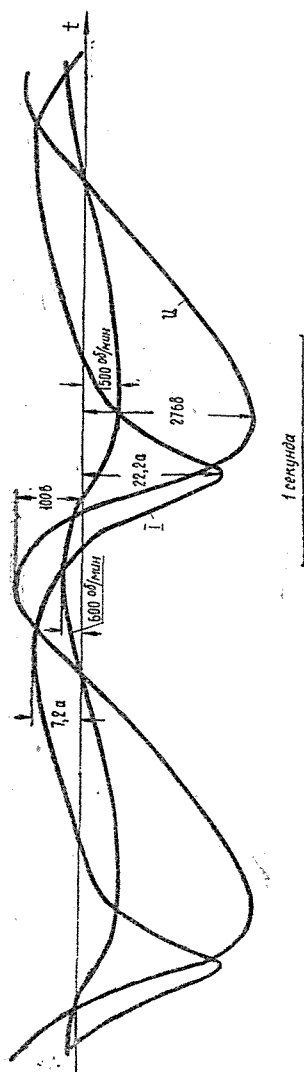
Фиг. 7.



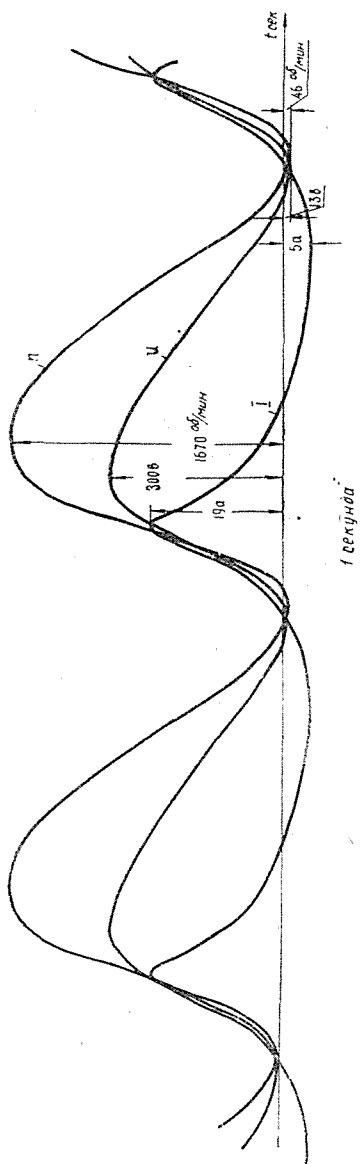
Фиг. 8.

генератора и статическая механическая характеристика двигателя изображаются так, как это показано на фиг. 6а и б.

Из нее ясно, что как абсолютные значения токов $+I_a$ и $-I_{a1}$ после „скачков“ и токов $+I_{кр}$ и $-I_{кр}$, так и абсолютные значения максимальных скоростей $+n_{\max}$ и $-n_{\max}$ в соседних полупериодах будут неодинаковыми, и „разрывные“ колебания в этом случае представляются фиг. 7.

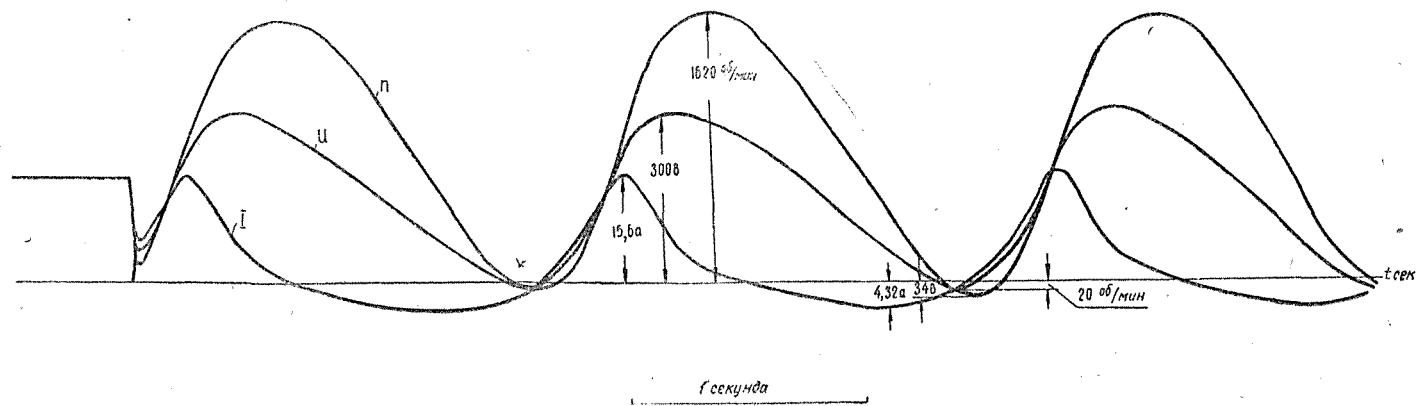


Фиг. 9.

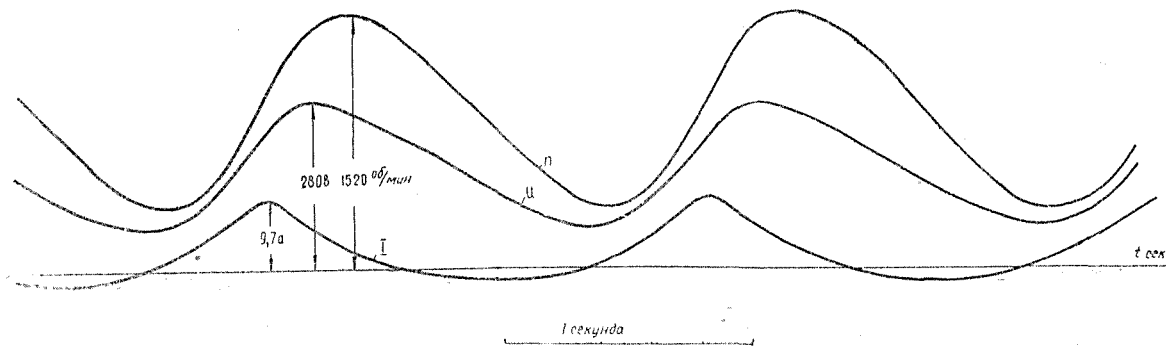


Фиг. 10.

Неодинаковыми, очевидно, будут и времена соседних полупериодов, так как для достижения большей максимальной скорости потребуются и большее время. Аналогичные колебания получатся и в системе фиг. 4. Наличие индуктивности силового контура исключает возможность „разрывных“ колебаний в системе, и в действительности колебания будут отличаться от изображенных на фиг. 3 и 7. Ниже приводятся осциллограммы тока I , скорости n и напряжения U в системе фиг. 4. Осциллограмма фиг. 8 соот-

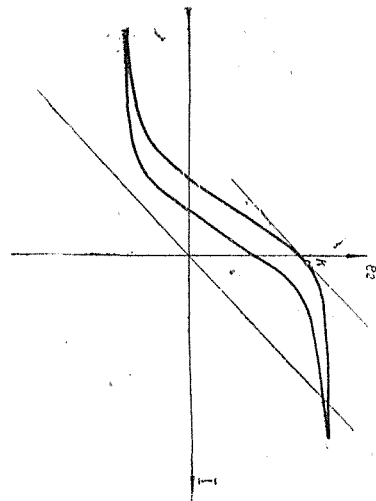


Фиг. 11.



Фиг. 13.

Фиг. 12.



ответствует опыту с отключенной обмоткой управления, когда система фиг. 4 приводится к системе фиг. 1. В „разрывной“ трактовке они качественно характеризуются фиг. 3. Осциллограммы фиг. 9 и 10 сняты при возбужденной обмотке управления в такой мере, что еще наблюдается реверс двигателя. При этом осциллограмме фиг. 10 соответствуют большие aw_{ou} , что приближает ось e_2 еще ближе к критической точке K (фиг. 6). Однако точки неустойчивого состояния равновесия B_1 и смены устойчивости K_1' еще не исчезают, что обуславливает возможность перемагничивания ЭМУ в сторону отрицательных значений I и e_2 до точки a_1 и появления, хотя и незначительной, отрицательной скорости двигателя. Эти осциллограммы в „разрывной трактовке“ описываются фиг. 6 и 7. Осциллограмма фиг. 11 характеризует установление автоколебаний после включения двигателя на ЭМУ. Из нее видно, что если первый после включения двигателя полупериод соответствует положительным значениям I и e_2 , то в нечетных полупериодах максимальные значения тока, напряжения и скорости двигателя оказываются больше максимальных значений тех же величин в четных полупериодах. Если aw_{ou} увеличить в такой степени, чтобы ось e_2 приблизилась бы к точке K еще ближе, а ветвь Ka_1 петли гистерезиса не пересекалась бы с прямой $I.R=f(I)$, то тогда точки B_1 , K_1' и A_1' исчезнут, и система не получит возможности перейти за точку B_1 в область устойчивого режима работы при отрицательных токах. Единственной областью устойчивой работы явится ветвь KA петли гистерезиса, куда и будет система стремиться. Поэтому в этом случае реверс двигателя невозможен, однако колебания скорости будут иметь место, поскольку точка K располагается еще правее оси e_2 (фиг. 12) и поскольку для системы сохраняется еще участок кривой намагничивания между точкой K и осью e_2 , характеризующий неустойчивую работу системы.

Колебания этого рода представлены осциллограммой фиг. 13. Наконец, дальнейшим увеличением aw_{ou} можно точку K переместить влево от оси e_2 и тогда колебания исчезнут, так как система фиг. 4 во время работы будет характеризоваться только устойчивой областью, соответствующей участку характеристики намагничивания, расположенной вправо от точки K .

Изложенное свидетельствует о том, что изменением ампервитков aw_{ou} или aw_n в системе фиг. 5 можно значительно изменять форму автоколебаний.

При выполнении настоящей работы эксперименты производились с машинами:

ЭМУ тип-12А; 0,5 квт; 230 в; 2,2а; двигатель: 0,6 квт 170в; 3,5 а; 1500 об/мин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ганджа Л. И. Физика колебаний в системе „Генератор с последовательным—двигатель с независимым возбуждением“. Известия Томского ордена Трудового Красного Знамени политехнического института им. С. М. Кирова, том 76, 1953.
2. Ганджа Л. И. и Потехин Ю. И. О переходных процессах и колебаниях в системе „Генератор с последовательным—двигатель с независимым возбуждением“. Известия Томского ордена Трудового Красного Знамени политехнического института им. С. М. Кирова, том 76, 1953.