

УДК 621.314

**СИСТЕМА НАГРУЖЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АВТОКОЛЕБАТЕЛЬНОГО РЕЖИМА**

Коваль В.А., асп.

*Кременчугский государственный политехнический университет имени Михаила Остроградского
39614, г. Кременчуг, ул. Первомайская, 20
E-mail: saue@polytech.poltava.ua*

У даній роботі показана можливість використання режиму автоколивань генератора постійного струму зі змішаним збудженням у системах динамічного навантаження двигунів постійного струму. Отримані результати підтверджують можливість використання таких систем в післяремонтних випробуваннях.

Ключові слова: режим автоколивань, генератор, динамічне навантаження.

In given clause the opportunity of use of a mode of auto fluctuations of the generator of a constant current with the mixed excitation in systems dynamic post-repair of engines of a constant current is shown. The received results confirm an opportunity of use of such systems at the ambassador repair tests.

Key words: mode of auto fluctuations, generator, dynamic of post-repair.

Ведение. В последнее время во всех областях техники большое внимание уделяется послеремонтным испытаниям электрических машин и диагностике находящихся в эксплуатации машин постоянного тока. Рост отказов электрических машин, возвращенных в технологический процесс после ремонта, объективно указывает не только на необходимость определения нового паспорта отремонтированной электрической машины, но и составления рекомендаций по дальнейшему ее использованию. В связи с этим возникает необходимость разработки новых способов испытания двигателей. Одним из методов послеремонтных испытаний является динамическое нагружения [1].

Реализация таких систем может быть осуществлена с использованием машинных или тиристорных преобразователей в якорных цепях и цепях возбуждения отдельно, так и одновременно по обим цепям.

Как показал анализ, для динамического нагружения в качестве источника питания возможно использование генератора постоянного тока смешанного возбуждения, в котором при определенном сочетании потока последовательной и параллельной обмоток возбуждения происходят установившиеся автоколебания.

Цель работы. Исследование возможности использования в качестве источника энергии в системах динамического нагружения генератора постоянного тока, работающего в режиме автоколебаний.

Материал и результаты исследования. В настоящее время генераторы постоянного тока используются как для преобразования переменного тока в постоянный (система Г-Д) и как первичные источники энергии. Последний случай, главным образом, применяется в изолированных установках возбудителей синхронных машин на автомашинах, самолетах, при сварке дугой, для освещения поез-

дов, на подводных лодках.

Наибольший интерес представляют генераторы смешанного возбуждения, т.к. они не требуют дополнительных источников питания для возбуждения, в отличие от синхронных генераторов и генераторов постоянного тока с независимым возбуждением.

Процесс самовозбуждения генераторов постоянного тока зарекомендовал себя с положительной стороны в источниках автономного питания [2-4]. Не смотря на это, в настоящее время данный вопрос изучен достаточно мало, особенно в области математического описания переходных процессов, выбора добавочных сопротивлений в цепи возбуждения, закона управления при широтно-импульсном регулировании напряжения на обмотках возбуждения генератора. Также малоизученным остается вопрос использования генератора смешанного возбуждения для создания источников питания, реализующих режимы динамического нагружения машин постоянного тока.

Схема нагружения двигателя постоянного тока с использованием генератора со смешанным возбуждением приведена на рис. 1.

Принцип самовозбуждения генераторов постоянного тока основан на том, что магнитная система двигателя, будучи намагниченной, сохраняет небольшой магнитный поток остаточного магнетизма сердечников полюсов и станины.

При вращении якоря поток $\Phi_{ост}$ индуцирует в якорной обмотке ЭДС $E_{ост}$, под действием которой в обмотке возбуждения возникает небольшой ток $i_{в}$. Если магнитодвижущая сила обмотки возбуждения $i_{в}\omega_{в}$ имеет такое же направление, как и поток $\Phi_{ост}$, то она увеличит поток основных полюсов. Это, в свою очередь, вызовет увеличение ЭДС генератора, отчего ток возбуждения вновь увеличится.

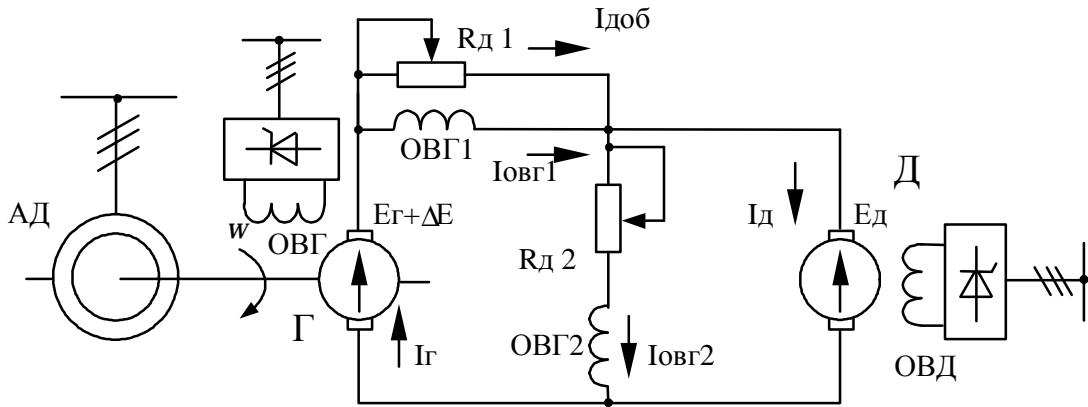


Рисунок 1 – Схема нагружения двигателя постоянного тока с использованием генератора со смешанным возбуждением

Следует еще отметить, что самовозбуждение генератора возможно лишь при скорости вращения, превышающей некоторое критическое значение, зависящее от собственного сопротивления генератора.

Схема замещения генератора со смешанным возбуждением приведена на рис. 2.

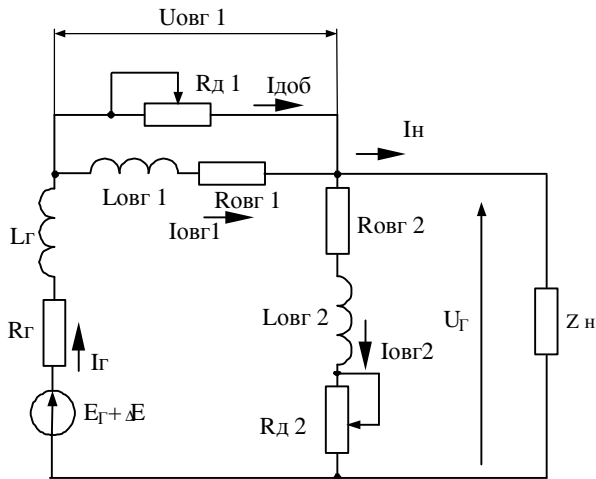


Рисунок 2 – Схема замещения генератора со смешанным возбуждением

Модель генератора постоянного тока смешанного возбуждения, работающего в режиме самовозбуждения, описывается следующими дифференциальными уравнениями:

$$\begin{cases} E_{\Gamma} = k_{\Gamma 1} \cdot I_{\text{ОВГ}1} + k_{\Gamma 2} \cdot I_{\text{ОВГ}2}; \\ E_{\Gamma} + \Delta E = I_{\Gamma} \cdot R_{\Gamma} + L_{\Gamma} \frac{dI_{\Gamma}}{dt} + U_{\text{с ов}} + U_{\Gamma}; \\ U_{\text{с ов}} = I_{\text{ОВГ}1} \cdot R_{\text{с ов}} + L_{\text{с ов}} \cdot \frac{dI_{\text{ОВГ}1}}{dt} = I_{\text{дОб}} \cdot R_{\text{дОб}1}; \\ U_{\Gamma} = I_{\text{ОВГ}2} (R_{\text{п ов}} + R_{\text{дОб}2}) + L_{\text{п ов}} \frac{dI_{\text{ОВГ}2}}{dt}; \\ I_{\text{ОВГ}1} + I_{\text{дОб}} - I_{\text{ОВГ}2} - I_{\text{н}} = 0. \end{cases}$$

Для рассмотрения переходных характеристик в генераторе, из структурной схемы получим уравнение для ЭДС в режиме холостого хода:

$$E_{\Gamma} = \frac{\omega K_{\Gamma} (T_{\text{в}} p + 1)}{T_{\Gamma} T_{\text{в}} p^2 + (T_{\Gamma} + T_{\text{в}}) p + 1 - \omega K_{\Gamma} \left(\frac{1}{R_{\text{в}}} \right) f(i_{\text{в}})},$$

где ω – скорость вращения генератора; $R_{\text{в}}$ – сопротивление параллельной обмотки возбуждения генератора; T_{Γ} – электромагнитная постоянная времени генератора; $T_{\text{в}}$ – электромагнитная постоянная времени параллельной обмотки возбуждения генератора; K_{Γ} – коэффициент усиления генератора.

Из анализа данной зависимости можно сделать вывод, что при различных соотношениях $\omega K_{\Gamma} \left(\frac{1}{R_{\text{в}}} \right) f(i_{\text{в}})$ возможны следующие варианты переходного процесса при самовозбуждении (рис. 3):

- $\omega K_{\Gamma} \left(\frac{1}{R_{\text{в}}} \right) f(i_{\text{в}}) < 1$ - аperiodический процесс (кривая 1);
- $\omega K_{\Gamma} \left(\frac{1}{R_{\text{в}}} \right) f(i_{\text{в}}) = 1$ - линейное нарастание переходного процесса (кривая 2);
- $\omega K_{\Gamma} \left(\frac{1}{R_{\text{в}}} \right) f(i_{\text{в}}) > 1$ - расходящийся переходной процесс (кривая 3).

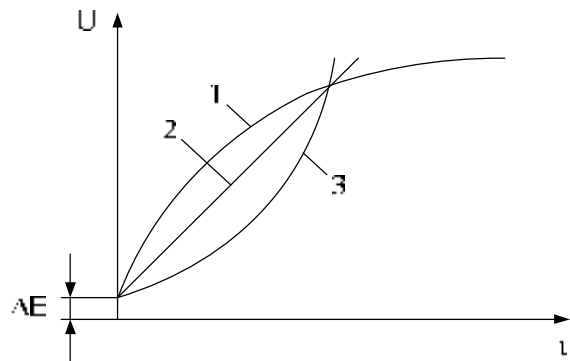


Рисунок 3 – Виды переходных процессов самовозбуждения генератора постоянного тока с параллельным возбуждением

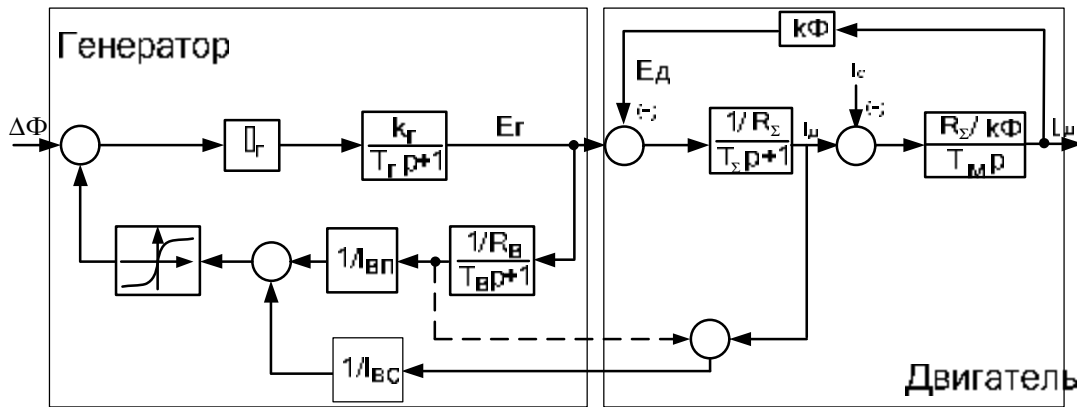


Рисунок 4 – Модель системы динамического нагружения машин постоянного тока с использованием генератора со смешанным возбуждением:

$k\Phi$ – магнитный поток двигателя; $\Delta\Phi$ – остаточный магнитный поток генератора; R_Σ – суммарное сопротивление двигателя; T_M – электромеханическая постоянная времени двигателя; T_Σ – суммарная электромагнитная постоянная времени двигателя; $I_{ВП}$ – номинальный ток в параллельной обмотке возбуждения генератора; $I_{ВС}$ – номинальный ток в последовательной обмотке возбуждения генератора

На основе принципа работы и схемы замещения была построена модель системы динамического нагружения машины постоянного тока с использованием генератора со смешанным возбуждением (рис. 4). Для математического исследования генератор и двигатель были взяты одной мощности с паспортными параметрами: $P_{ном} = 32$ кВт, $U_{ном} = 220$ В, $I_{ном} = 165$ А, $n_{ном} = 760$ об/мин, $\Phi_{ном} = 2,9 \cdot 10^{-2}$ Вб, $w_c = 7$ на полюс, $w_b = 1300$ на полюс, $J = 0,19$ Н·м.

Анализ режимов работы генератора показал, что использование данного метода управления генератором позволяет производить не только регулирование выходного напряжения, но и при определенном сочетании количества витков в параллельной и последовательной обмотках возбуждения добиться устойчивых автоколебаний (рис. 5).

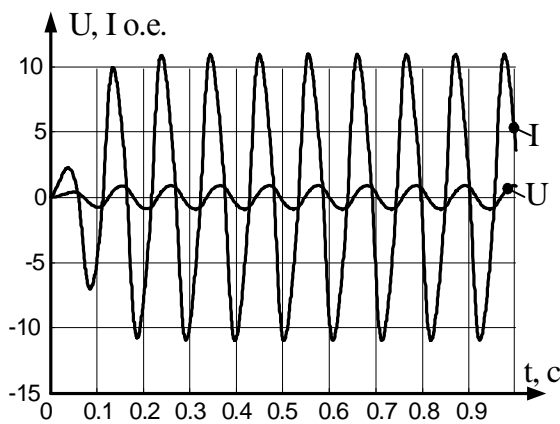


Рисунок 5 - Установившиеся автоколебания в системе динамического нагружения при $R_d 1 \rightarrow \infty$

Также, изменяя параметры добавочных сопротивлений и магнитного потока двигателя, возможно изменение амплитуды и частоты автоколебаний. Так сопротивление $R_d 2$ отвечает за возникновение ав-

токолебаний, а сопротивление $R_d 1$ – за их амплитуду (рис. 6-7).

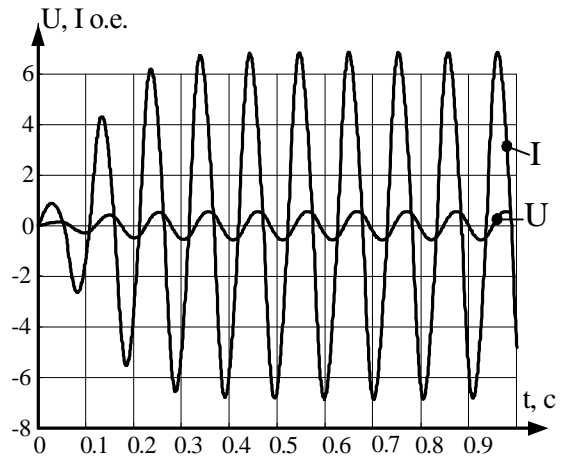


Рисунок 6 – Установившиеся автоколебания в системе динамического нагружения при $R_d 1 = 0,6 \cdot R_{овг1}$

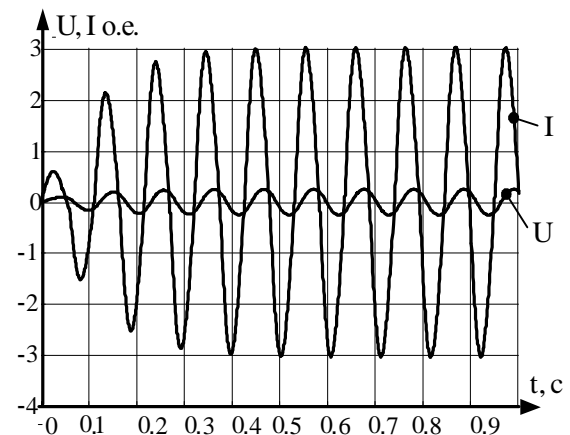


Рисунок 7 – Установившиеся автоколебания в системе динамического нагружения при $R_d 1 = 0,3 \cdot R_{овг1}$

Также было выявлено, что период колебаний не зависит от величины вводимых добавочных сопротивлений, а зависит от постоянных двигателя и генератора. Так на рис. 8 представлена экспериментально полученная зависимость частоты колебаний от магнитного потока, а на рис. 9 – от момента инерции двигателя.

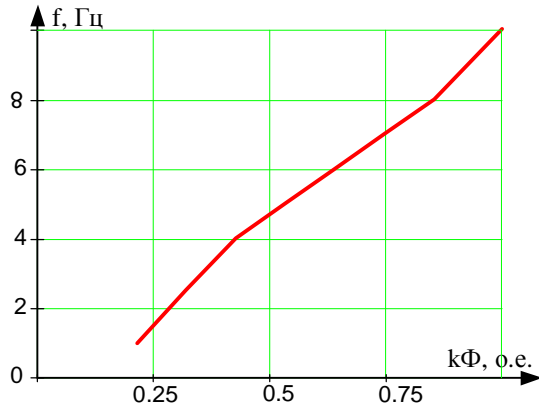


Рисунок 8 – Зависимость частоты колебаний от магнитного потока двигателя



Рисунок 9 – Зависимость частоты колебаний от момента инерции двигателя

Выводы. Предложенная схема динамического нагружения двигателей постоянного тока с использованием колебательного режима является достаточно простой в технической реализации и позволяет получать разные законы нагружения. Применение автоколебательного режима позволяет избавиться от дорогостоящей силовой электроники при формировании нагрузочных режимов.

Данную схему наиболее целесообразно использовать для испытаний двигателей постоянного тока, применяющихся на электроприводах экскаваторов, работающих по системе «генератор – двигатель», где применяются генераторы, работающие с самовозбуждением с тремя обмотками. Параллельная и последовательная обмотки в таких системах подключены к генератору и работают с самовозбуждением, а независимая обмотка применяется для начального возбуждения генератора и направления его ЭДС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Родькин Д.И. Системы динамического нагружения и диагностики электродвигателей при послеремонтных испытаниях. – М.: НЕДРА, 1992. – 236 с.
2. Вольдек А.И. Электрические машины. – Л.: Энергия, 1974. – 840 с.
3. Ромашихин Ю.В., Калинов А.П. Особенности построения и создания регулятора напряжения с дискретно изменяющимся сопротивлением параллельной обмотки //Кременчук: Вісник КДПУ, - 2006, вип. 5(34). – С. 14-17.
4. Андреев В.П., Сабинин Ю.А. Основы электропривода. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1963. – 772 с.
5. Чорний О.П., Луговой А.В., Родькін Д.Й., Сисюк Г.Ю., Садовой О.В. Моделювання електромеханічних систем. – Кременчук, 2001. – 410 с.
6. Постников И.М. Обобщенная теория и переходные процессы электрических машин. – М.: Высшая школа, 1975. – 319 с.

Стаття надійшла 13.04.2008 р.
Рекомендовано до друку д.т.н., проф.

