

**ДОНЕЦКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

На правах рукописи

СИССЕ Бубакар

**ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ
ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ С СИНХРОННЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ
И СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ
ПРИ ИЗМЕНЕНИИ НАПРЯЖЕНИЯ**

**Специальность 05.09.03. — «Электротехнические комплексы
и системы, включая их управление и регулирование»**

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук**

ДОНЕЦК — 1993

621.3-1

ЛНБ України ім.В.Стефаника



00802542 (L)

**ДОНЕЦКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

На правах рукописи

СИССЕ Бубакар

**ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ
С синхронными двигателями и систем электроснабжения
при изменении напряжения**

Специальность 05. 09. 03. - "Электротехнические
комплексы и системы, включая их управление
и регулирование"

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Донецк - 1993

АВ 28.074

Работа выполнена в Донецком ордена Трудового Красного
Знамени политехническом институте

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор
Э.Г. Куренный

Консультант – кандидат технических наук, доцент
В.И. Чепкасов

Официальные оппоненты – доктор технических наук, профессор
В.А. Коробейников
кандидат технических наук, доцент
П.Х. Коцегуб

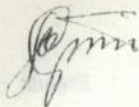
Ведущая организация – Всеукраинский Научно-исследовательский
институт взрывобезопасного электрооборудования ВНИМВЗ, г. Донецк

Защита диссертации состоится " 30 " сентября 1993 г.
в 14³⁰ час. в аудитории 1201 на заседании специализированного
совета К 068.20.01 при Донецком ордена Трудового Красного
Знамени политехническом институте: 340000, г. Донецк, ул.
Артема, 58.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Донецкого
политехнического института.

Автореферат разослан " 30 " августа, 1993 г.

Ученый секретарь
специализированного совета,
канд. техн. наук., доцент



И.Т. Сидоренко

ЛНБ ім. В. Стефаниши
АН України

АВ-28.074

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Вопросы качества электроэнергии и ее рационального использования занимает одно из важнейших мест в политике управления и распределения энергоресурсами Украины и Республики Мали. По экспертным оценкам в СНГ ежегодный ущерб от нарушения электромагнитной совместимости (ЭМС) электрооборудования и электрической сети превышает 2 млрд. руб. в год (в ценах 1987г.). Электроприводы с синхронными двигателями (СД) широко применяются в промышленности. В связи с этим для практики актуальной является задача расчета параметров режима электроприводов с СД при изменениях напряжения, которые приводят к изменению потерь активной мощности в электрической сети и самих СД, а также компенсирующей способности СД, что изменяет технико-экономические показатели электротехнического комплекса "сеть электроснабжения-электропривод с СД" (СДС).

До настоящего времени в Указаниях по компенсации реактивной мощности задача выбора рациональных режимов решалась в предположении неизменности напряжения в питающей сети. Однако в действующих системах электроснабжения напряжение изменяется случайным образом. Изменение напряжения нарушает ЭМС электроприемников и сети, под которой понимается способность электроприемника нормально функционировать в окружающей электромагнитной среде и не вносить в эту среду помех, недопустимых для других приемников. Применительно к задаче выбора режимов возбуждения СД, проблема ЭМС сводится к оценке влияния изменения напряжения сети как на СД, так и на параметры реактивной мощности, от которой зависит ЭМС других потребителей. При этом следует учитывать, что при питании от сети ограниченной мощности между несколькими СД могут быть перетоки мощности,

заметно влияющие на ЭМС. Например, экспериментально установлено, что при резком изменении нагрузки на валу одного из электродвигателей потери активной мощности на генерацию реактивной мощности остальных двигателей со спокойной нагрузкой существенно возрастают. Механизм этого взаимного влияния такой же, как и при изменении напряжения в сети.

Из сказанного следует, что для получения достоверных оценок эффективности использования СД в качестве компенсирующих реактивную мощность устройств необходимо учитывать изменения напряжения в сети. Однако решение этой задачи сдерживалось тем, что математическое описание (моделирование) системы электроснабжения промышленного предприятия и ее основных потребителей - СД - затруднено из-за громоздкости системы соответствующих дифференциальных уравнений, особенно при случайном изменении напряжения.

Таким образом, основное научное противоречие состоит в том, что при выборе режимов возбуждения СД практика требует учета влияния случайных изменений напряжения на параметры режимов СДС, а соответствующие методы расчета отсутствовали.

Для разрешения этого противоречия в диссертации решается научная задача установления зависимостей параметров режима группы электроприводов с СД от напряжения с учетом сопротивления питающей сети электроснабжения.

Решение этой задачи позволит повысить эффективность использования СД для компенсации реактивной мощности и исключить нарушение ЭМС самих электроприводов с СД, что является целью работы. Для достижения этой цели в диссертации решены следующие основные задачи:

1. Определение переходных характеристик одного и группы электроприводов с СД по полной модели СДС.

2. Обоснование возможности линеаризации математической модели СДС при изменениях напряжения.

3. Параметрическая идентификация линейной модели СДС.

4. Расчет параметров режимов СДС при периодических и случайных изменениях напряжения.

Методы исследования. Работа выполнена в рамках вероятностного моделирования случайных процессов в электрических сетях и статистической динамики систем электроснабжения, основанных на общих методах теории автоматического управления. Использованы универсальное описание синхронной машины уравнениями Парка-Горева численные методы решения системы нелинейных дифференциальных уравнений, имитационное моделирование.

Достоверность результатов обеспечивается корректным использованием методов теории автоматического управления и апробированной полной математической модели электропривода с СД, хорошей сходимостью рассчитанных переходных характеристик с выбранными аналитическими выражениями, проверкой результатов аналитических расчетов имитационным моделированием (различие в экстремумах составило 5%).

Защищаемые положения и результаты. Их новизна.

1. Метод линеаризации моделей СДС ("метод идентификации"), отличающийся тем, что структуры моделей выбираются по виду переходных характеристик, а не по сложной структуре исходной нелинейной модели ЭМС.

2. Новые аналитические выражения переходных характеристик и соответствующие им линеаризованные математические модели электроприводов с СД.

3. Новые зависимости параметров переходных характеристик СДС от сопротивления питающей сети и токов ϵ возбуждения СД группы электроприводов.

4. Методика оценки ЭМС группы электроприводов с СД и сетей электроснабжения при детерминированных и случайных изменениях напряжения, использующая предложенную математическую модель.

Научная ценность заключается в развитии теории ЭМС электротехнических комплексов "сеть электроснабжения - электропривод с СД" путем разработки линейной модели СДС, которая позволяет достоверно оценивать последствия изменения напряжения для электроприводов с СД и для системы электроснабжения с другими силовыми и осветительными электроприемниками.

Практическая ценность состоит в том, что предложенная методика расчета параметров режима позволяет определить потери мощности в СД и сети, выполнить технико-экономическое обоснование систем регулирования возбуждения СД на стадии проектирования и в действующих системах электроснабжения. Полученные результаты могут быть использованы в Указаниях по компенсации реактивной мощности.

Реализация выводов и рекомендаций работы. Предлагаемые методы оценки ЭМС доведены до инженерных методов расчета электротехнических показателей СДС, которые могут быть использованы ведущими проектными организациями: "ВНИИПИ -Тяжпромэлектропроект" (г.г. Киев, Харьков, Москва, Ростов-на-Дону) - при оценке ЭМС проектируемых систем электроснабжения; Минэнерго Украины и ВНИИЭ (г. Москва) для дополнения Указаний по компенсации реактивной мощности для Украины и стран СНГ; Донецким политехническим институтом - при чтении лекций по ЭМС.

Апробация работы. Основные теоретические положения и результаты диссертационной работы докладывались на Республиканском научно-техническом семинаре "Энергобережение автоматизация проектирования электроэнергетики промышленных предприятий" (г. Москва,

МДНТП, 1991г.), на семинаре АН Украины по вероятностным процессам в электрических системах (г. Донецк, 1992г.)

Публикация. По результатам выполненных исследований опубликовано 3 научные работы.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении показана актуальность проблемы исследований, сформулированы цель и идея работы, излагаются решаемые задачи, а также основные результаты и положения, выносимые автором на защиту.

В первой главе дан анализ существующих методов расчетов режимов СДС. Полная математическая модель с учетом нелинейности позволяет рассчитывать переходные режимы СДС при изменении напряжения. Однако громоздкость данной модели делает ее не приспособленной для массовых расчетов. Прямая линеаризация путем замены нелинейных функции линейными не устраняет этого недостатка.

Во второй главе дается теоретическое обоснование предлагаемого подхода к линеаризации. Для обеспечения достоверности использована полная модель СД с уравнением движения электропривода¹, которая была дополнена уравнениями, учитывающими потери напряжения в сети.

Суть метода идентификации заключается в следующем: по полной

¹) Автор благодарит д.т.н. Сивокобыленко В.Ф. за консультацию по использованию полной модели.

модели СДС находятся реакции на скачкообразные изменения напряжений разной величины. Диапазон изменений напряжения, в котором возможна линеаризация, определяется из условия пропорциональности ординат реакций в каждый момент времени для разных величин приращения напряжения. В этом диапазоне корректно использовать понятие переходной характеристики по тому или иному выходному параметру режима, как реакции на единичную функцию со скачком мгновенного значения напряжения на $\sqrt{2}\%$, что соответствует изменению действующего значения на 1%. Полученная переходная характеристика аппроксимируется аналитическим выражением, которому ставится в соответствие простая модель СДС в виде нескольких элементарных звеньев и осуществляется ее параметрическая идентификация. Предлагаемый метод приводит к нескольким системам, количество которых равно количеству выходных параметров. Эти системы не имеют взаимных связей, что упрощает исследования.

Для оценки ЭМС необходимо знать действующие значения U напряжения и I тока, а также активную P и реактивную Q мощности. Принята система относительных единиц, базовыми величинами в которой являются номинальное напряжение U_n , полная мощность S_n , ток I_n . Дополнительные обозначения для относительных единиц не используются: P/S_n , Q/S_n , I/I_n , U/U_n обозначены через P , Q , I , U . Для определенности рассматривались два электропривода: D_1 с номинальными параметрами $P_{н1} = 12500$ кВт, $U_{н1} = 10$ кВ, $\cos\varphi_{н1} = 0,9$, моментом инерции $J_1 = 1,636$ тм² и D_2 с $P_{н2} = 2000$ кВт, $U_{н2} = 10$ кВ, $\cos\varphi_{н2} = 0,9$, $J_2 = 1,013$ тм². В обоих приводах статический момент на валу является функцией угловой частоты вращения.

Переходные характеристики вычислялись для отклонений параметров режима от их начальных значений (индекс "о"): например, отклонение активной мощности $\delta P = P - P_o$.

Скачок напряжения может произойти в любой момент времени, поэтому фаза скачка представляет собой случайную величину, равномерно распределенную в интервале от 0 до 2π . В соответствии с этим предложено совокупность переходных характеристик рассматривать как нестационарный случайный процесс. На рис.1 для привода D_1 показаны переходные характеристики для одного значения фазы, при котором скачок напряжения происходит в момент перехода тока через нуль. Во всех случаях погрешность аппроксимации не превышает 5%.

Для активной мощности различие между начальным P_0 и установившимся P_{∞} значениями невелико, поэтому для аппроксимации переходной характеристики принято выражение

$$h_{\partial P}(t) = Ae^{-at} \cdot \sin \omega_0 t, \quad (1)$$

в котором параметры подобраны: A , a - по методу наименьших квадратов, ω_0 - по длительности периода колебаний.

Из таблиц преобразования Лапласа следует, что выражению (1) соответствует изображение

$$W_{\partial P}(s) = A \frac{T_4 s}{T_2^2 s^2 + T_3 s + 1}, \quad (2)$$

которое, в силу нулевых начальных условий для ∂P , считается передаточной функцией искомой линейной модели. Согласно (2), эта модель состоит из последовательно включенных колебательного и идеального дифференцирующего звеньев (рис.2, а) с постоянными времени $T_2 = (a^2 + \omega_0^2)^{-1/2}$, $T_3 = 2aT_2^2$, $T_4 = \omega_0 T_2^2$.

для отклонений $\partial Q = Q - Q_0$ реактивной мощности пренебрегать установившимся значением Q_{∞} нельзя, поэтому аппроксимирующее выражение

$$h_{\partial Q}(t) = Be^{-bt} \sin(\omega_0 t + \pi/2) - Ce^{-\gamma t} + N \quad (3)$$

содержит постоянное слагаемое $N = Q_{\infty} - Q_0$. Параметры B , b , C , ω_0 и γ подобраны по рассчитанной переходной характеристике при условии

$$C - B = N.$$

Выражению (3) соответствует передаточная функция

$$W_{\partial Q} = B \frac{T_{\sigma} s (T_{\sigma} s + 1)}{T_{\gamma}^2 s^2 + T_{\sigma} s + 1} - C \frac{T_{\rho} s}{T_{\rho} s + 1} + N \quad (4)$$

и линейная модель, структурная схема которой представлена на рис.2, б. В этой модели постоянные времени $T_{\sigma} = 1/b$, $T_{\gamma} = (b^2 + \omega_0^2)^{-1/2}$, $T_{\rho} = T_{\gamma}^2 / T_{\sigma}$, $T_{\sigma} = 2bT_{\gamma}^2$, $T_{\rho} = 1/\gamma$.

Аналогичным образом получены переходные характеристики отклонений токов $h_{\partial I_{\text{ст.}}}(t)$ статора и $h_{\partial I_{\text{рот.}}}(t)$ ротора. и соответствующие передаточные функции.

Установлено, что вид каждой переходной характеристики не зависит от токов возбуждения и сопротивления сети, а изменяются лишь численные значения параметров. Этот вывод существенно упрощает теоретические исследования и практические расчеты, так как используется одни выражения, а учет режимов возбуждения и сопротивления производится по найденным один раз выражениям для параметров. На рис.3 приведены полученные для электропривода D_c зависимости, иллюстрирующие влияния сопротивления сети и тока возбуждения на параметры переходных характеристик по активной и реактивной мощностям.

Преимуществом предложенного метода по сравнению с прямой линеаризацией состоит в том, что вместо одной сложной линейной системы с несколькими выходами и взаимными внутрискруктурными связями получается несколько одномерных, не связанных между собой линейных систем простой структуры. Связь между выходными процессами возникает из-за того, что на входы всех систем поступает один и тот же процесс изменения напряжения. Однако эта связь должна учитываться лишь при решении задач, требующих рассмотрения системы параметров

режима.

В третьей главе производится оценка ЭМС одного электропривода с СД при периодических и случайных помехах.

Полученные переходные характеристики достаточны для решения различных задач ЭМС. В диссертации исследованы дополнительные отклонения и колебания напряжения, а также увеличение потерь энергии в сети и СД.

Исходными для расчета отклонений и колебаний напряжения являются текущие значения дополнительных потерь напряжения в сети с сопротивлением r и x , которые определяются по формуле

$$\Delta U = (r \cdot \theta P + x \cdot \theta Q) 100 / U_n^2, \%$$

а на напряжении выше 6 кВ

$$\Delta U = x \cdot \theta Q \cdot 100 / U_n^2, \%$$

Степень воздействия напряжения на силовой электроприемник зависит от его постоянной инерции T : чем больше инерционность, тем меньше воздействие. В связи с этим инерционные отклонения ΔU_T напряжения представляют собой ординаты процесса на выходе инерционного звена с постоянной времени T и амплитудно-частотной характеристикой (АЧХ)

$$A_T(\omega) = \frac{1}{\sqrt{1 + \omega^2 T^2}},$$

на вход которого поступает процесс $\Delta U(t)$.

Потери активной мощности в сети

$$\Delta P = 3 I_{\text{ст}}^2 \cdot r$$

пропорциональны квадрату эффективного значения $I_{\text{ст}}$ тока статора, а потери

$$\Delta P_{\text{сд}} = 3 (I_{\text{ст}}^2 \cdot r_{\text{ст}} + I_{\text{ротор}}^2 \cdot r_{\text{рот}})$$

в СД зависят еще и от эффективного $I_{\text{ротор}}$ тока ротора, где $r_{\text{ст}}$ и

$\Gamma_{\text{рот}}$ - активные сопротивления фаз статора и ротора.

Эффективные значения параметров режима при периодических помехах с нулевым средним значением, длительностью цикла $t_{\text{ц}}$ и действующими значениями U_{μ} μ -х гармоник с угловой частотой $\omega_{\mu} = \mu 2\pi / t_{\text{ц}}$ вычисляются по формуле:

$$I_{\text{э}} = \sqrt{I_0^2 + \sum_{\mu=1}^{\infty} U_{\mu}^2 A_{\sigma z}^2(\omega_{\mu})}. \quad (5)$$

Доза колебаний ϕ напряжения равна дисперсии реакции фильтра фликерметра, имеющего АЧХ $A_{\phi}(\omega)$. В связи с этим для периодических помех

$$\phi = \frac{\pi^2 10^4}{2U_{\text{н}}^2} \sum_{\mu=1}^{\infty} U_{\mu}^2 A_{\phi}^2(\omega_{\mu}). \quad (6)$$

Инерционное звено преобразует каждую гармонику в соответствии со своими частотными характеристиками, что позволяет записать инерционный процесс в виде ряда Фурье, но такой путь довольно громоздкий. Ряды Фурье целесообразно использовать лишь в случае большой инерционности (теоретически $T \rightarrow \infty$) электроприемников, когда инерционные отклонения равны эффективному значению

$$\Delta U_{\infty} = \sqrt{U_0^2 + \sum_{\mu} U_{\mu}^2 A_{\sigma Q}^2(\omega_{\mu}) A_T^2(\omega_{\mu})}. \quad (7)$$

В общем же случае для нахождения реакции в стационарном состоянии использовано разложение передаточной функции

$$W(s) = \sum_{\nu=1}^n \frac{k_{\nu}}{T_{\nu} s + 1},$$

где постоянные инерции $T_{\nu} = -1/s_{\nu}$ и коэффициенты передачи $k_{\nu} = (s - s_{\nu})W(s_{\nu})|_{s=s_{\nu}}$ вычисляются по n корням s_{ν} знаменателя передаточной функции. В соответствии с этим передаточная функция комплекса "СДС - силовой электроприемник" имеет корни

$$s_{1,2} = \frac{-T_7 \pm \sqrt{T_7^2 - 4T_7^4}}{2T_7^2}, \quad s_3 = -1/T, \quad s_4 = -1/T_0,$$

что позволяет представить ее в виде

$$W_{\text{сдт}}(s) = \frac{k_{10}}{T_{10}s + 1} + \frac{k_{11}}{T_{11}s + 1} + \frac{k_{12}}{Ts + 1} + \frac{k_{13}}{T_0s + 1}, \quad (8)$$

где

$$k_{10} = \frac{xT_0 s_1 (T_0 s_1 + 1) 10^2}{U_n^2 T_7^2 (s_1 - s_2) (T s_1 + 1)}, \quad k_{11} = \frac{xT_0 s_2 (T s_2 + 1) 10^2}{U_n^2 T_7^2 (s_2 - s_1) (T s_2 + 1)},$$

$$k_{12} = \frac{x10^2}{U_n^2} \left[\frac{T_0 s_0 (T_0 s_0 + 1)}{T T_7^2 (s_0 - s_1) (s_0 - s_2)} - \frac{C s_0}{T s_0 + 1} + N \right], \quad k_{13} = \frac{-C s_0}{T s_0 + 1}.$$

После определения реакции каждого инерционного звена на периодическую помеху производится суммирование реакций. Например, если помеха представляет прямоугольные импульсы величиной δU и 0 длительностью t_n и t_0 , то начальная $\Delta U_{\text{тн}}$ и конечная $\Delta U_{\text{тк}}$ ординаты в начале и конце импульса

$$\Delta U_{\text{тн}} = \delta U \frac{b_0 (1 - b_n)}{1 - b_0 b_n}, \quad \Delta U_{\text{тк}} = \delta U \frac{1 - b_n}{1 - b_0 b_n},$$

где $b_n = \exp(-t_n/T)$, $b_0 = \exp(-t_0/T)$. Для второго участка начальное значение равно $\Delta U_{\text{тк}}$, а конечное - $\Delta U_{\text{тн}}$.

Суммарная реакция

$$\Delta U_{\tau}(t) = \begin{cases} \frac{\Sigma \{\Delta U_{\tau \kappa} \nu\}}{\nu} e^{-t/T} & \text{при } 0 \leq t \leq t_a, \\ \frac{\Sigma \{\delta U - (\delta U - \Delta U_{\tau \kappa} \nu)\}}{\nu} e^{-(t-t_a)/T} & \text{при } t_a \leq t \leq t_c. \end{cases} \quad (9)$$

Расчетное максимальное значение $\Delta U_{\tau \max}$ равно наибольшей ординате процесса (9). Реакция СДС зависит от взаимного расположения положительного и отрицательного скачков напряжения. При увеличении частоты возмущений реакции на эти скачки накладываются друг на друга. Поскольку они имеют колебательный характер, то в зависимости от интервала между скачками реакции могут частично компенсироваться или, наоборот, увеличиваться. Поэтому зависимость максимальных значений отклонений напряжения от t_c или частоты имеет немонотонный характер

Для стационарной случайной помехи с нулевым средним значением и спектральной плотностью $S_U(\omega)$ решение сводится к использованию общей формулы теории вероятностей для дисперсии процесса на выходе системы:

- при определении потерь активной мощности

$$I_{\sigma} = \sqrt{I_0^2 + \int_0^{\infty} S_U(\omega) A_{\sigma I}^2(\omega) d\omega}, \quad (10)$$

- доза колебаний

$$\phi = \frac{\kappa^2 10^4}{U_H^4} \int_0^{\infty} S_U(\omega) A_{\phi}^2(\omega) d\omega. \quad (11)$$

Инерционное звено нормализирует случайный процесс на выходе, поэтому вероятностное распределение ΔU_{τ} является нормальным. Расчетное значение

$$\Delta U_{\tau \max} = \beta \frac{\kappa^2 10^4}{U_H^2} \sqrt{\int_0^{\infty} S_U(\omega) A_{\sigma Q}^2(\omega) d\omega}, \quad (12)$$

где β - статистический коэффициент, определяемый по заданной вероятности превышения расчетного максимума.

Получены конечные выражения для белого шума и случайного процесса с экспоненциальной корреляционной функцией.

Увеличение потерь электроэнергии в сети оценивается отношением I_3/I_0 . Ухудшение ЭМС работающих параллельно с СД силовых электроприемников характеризует величина $\Delta U_{\text{тmax}}$, а осветительных электроприемников - доза колебаний.

В четвертой главе рассмотрена ЭМС при наличии группы электроприводов с СД.

Методика расчета показателей ЭМС остается той же. Отличие состоит в том, что параметры переходной характеристики одного СД зависят не только от собственных параметров и сопротивления сети, но и от параметров остальных СД.

Установлено, что предложенные во второй главе модели сохраняются и для группы электроприводов. Получены выражения для параметров переходных характеристик.

Отклонения и колебания напряжения, а также потери электроэнергии в сети определяются по суммарным графикам активных и реактивных мощностей.

Вид реакций зависит от соотношения мощностей СД. Например, для двух электроприводов одинаковой мощности при одинаковых режимах возбуждения взаимное влияние СД друг на друга отсутствует, но при разных режимах возбуждения или разной мощности СД уже нельзя исследовать режимы каждого СД независимо друг от друга. Полученные переходные характеристики позволяют оценить ухудшение ЭМС при изменениях напряжения и выбрать рациональные режимы возбуждения.

В заключении отмечается, что в диссертации поставлена и решена

на научная задача установления зависимостей параметров режима электротехнического комплекса "группа электроприводов с СД - сеть" от параметров напряжения с учетом сопротивления питающей сети электроснабжения. Сделаны следующие выводы.

1. При оценке ЭМС синхронных электроприводов и сети допустимо использовать линеаризованные модели СД и сети, область применимости которых устанавливается путем расчетов переходных характеристик по полной модели СДС.

2. Линеаризацию моделей СДС целесообразно осуществлять путем параметрической идентификации с использованием переходных характеристик, рассчитанных по полной модели в пределах диапазона изменения напряжения, допускающих линеаризацию.

3. Переходные характеристики по активной и реактивной мощностям целесообразно аппроксимировать выражениями (1) и (3) соответственно.

4. Полученные зависимости числовых значений коэффициентов переходных характеристик от сопротивления сети и токов возбуждения одного или группы электроприводов с СД позволяют выполнять оценки ЭМС без решения дифференциальных уравнений.

5. Оценку влияния периодических изменений напряжения целесообразно производить путем представления линеаризованных моделей СД в виде параллельно включенных аperiodических звеньев первого порядка.

6. Оценка влияния случайных изменений напряжения на электропривод с СД производится общими методами теории случайных процессов с использованием частотных характеристик предложенных линеаризованных моделей.

7. Применение динамических показателей ЭМС обеспечивает универсальность, достоверность и физический смысл оценок ЭМС, поэтому

дальнейшие исследования должны идти по пути создания динамических моделей различных видов электрооборудования и на их основе создаваться методы расчета и измерения.

В приложении приведены:

- таблица идентификации переменных модели синхронного двигателя и сети;
- алгоритм расчета переходных характеристик СД при изменениях напряжения
- распечатка программы расчетов переходных характеристик параметров режима синхронного двигателя при изменениях напряжения.

Основные положения диссертации опубликованы в работах:

1. Куренный Э.Г., Сивокобыленко В.Ф., Чепкасов Ю.И., Сиссе Бубакар. Влияние случайных изменений напряжения на синхронные электродвигатели. - Донецк, 1992. - 9 с. Рук. деп. в УкрНИИМТ 17.10.92, № 1685-Ук92.

2. Чепкасов Ю.И., Шумаева Е.А., Сиссе Бубакар. Оценка воздействия случайных изменений напряжения на характеристики параллельно работающим синхронным двигателям.- 8 с. Рук. деп. в ГНТБ Украины 31.03.93, № 754-Ук93

3. Чепкасов Ю.И., Шумаева Е.А., Сиссе Бубакар. Моделирование динамики воздействия случайных изменений напряжения на синхронные электродвигатели. - 6с. Рук. деп. в ГНТБ Украины 31.03.93, № 740-Ук93

Личное участие соискателя : научные положения, выводы и рекомендации, приведенные в диссертационной работе, получены автором лично. Самостоятельно проведены теоретические исследования, расчеты параметров режима электроприводов с СД на ЭВМ и параметрическая идентификация моделей.

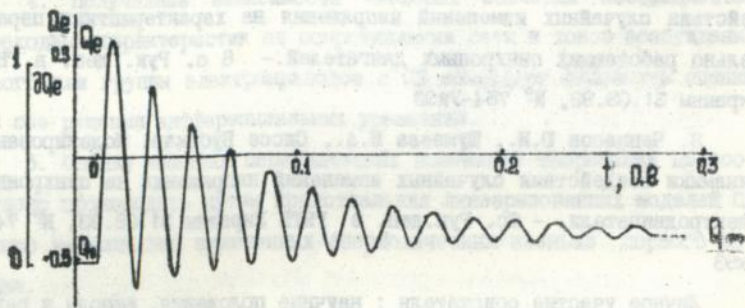
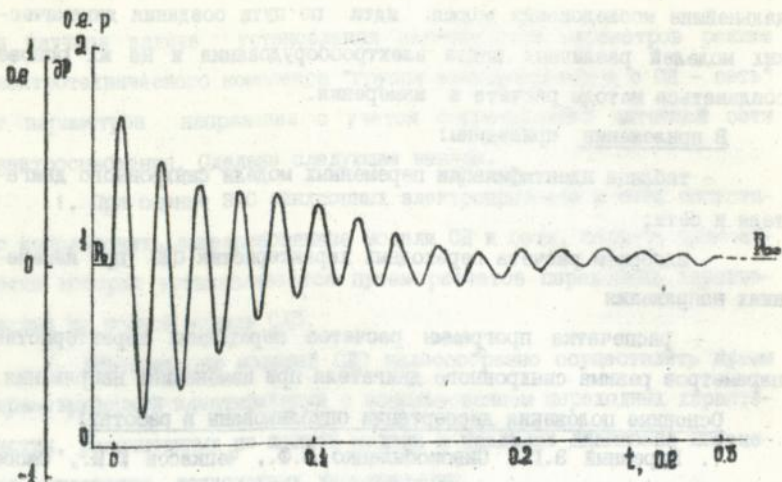
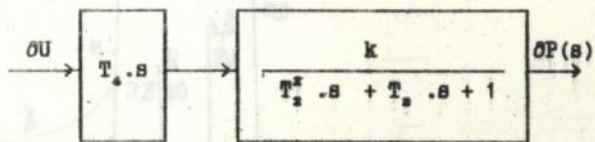
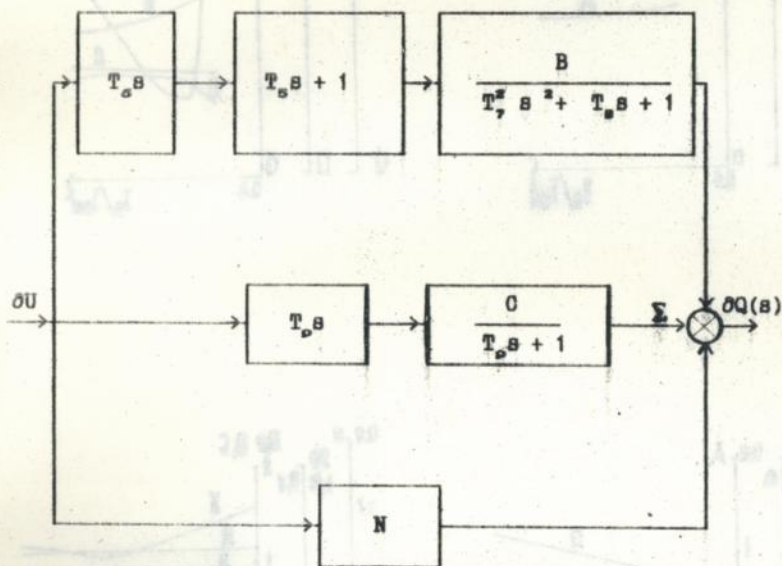


Рис. 1



a



b

Рис. 2

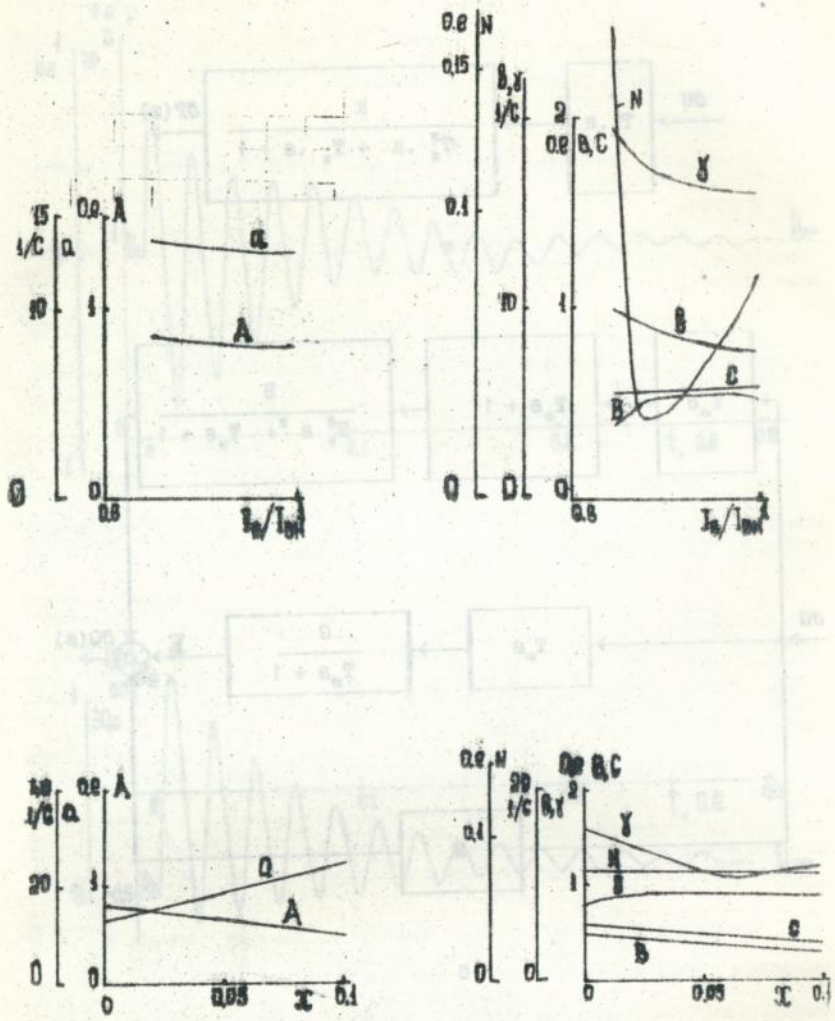


FIG. 3

АВ 28.074

АВ 28.074

Подп. в печать 11.08.93 г. Формат 60×84¹/₆. Бумага тип. Офсетная печать.
Усл. печ. л. 1,16. Усл. кр.-отт. 1,39. Уч.-изд. л. 1,25. Тираж 120 экз. Зак. 4-191.
Донецкий политехнический институт, 340000, Донецк, ул. Артема, 58.

ДМАПП, 340050, Донецк, ул. Артема, 96