

Г. А. АТАНАСЯН

КРИТЕРИИ ПОДОБИЯ ВЫПРЯМИТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ ЭНЕРГОСИСТЕМЫ

Экспериментальное изучение теоретико-эксплуатационных задач электроэнергетики на динамической модели энергосистемы оправдало себя на практике [1—7]. Сооружение такой модели основано на теории физического подобия, лежащей в основе метода моделирования, который является „некоторым синтезом теоретической и экспериментальной физики“ [5].

Целью настоящей статьи является вывод критериев подобия, основывающийся на анализе дифференциальных уравнений, описывающих электромагнитные процессы в игнитронно-выпрямительной установке электрохимического завода.

Будем исходить из упрощенных дифференциальных уравнений для двух предельных случаев работы установки при переменном го-
реении двух и трех анодов одновременно [3].

В приведенных ниже исходных дифференциальных уравнениях пренебрегается активным сопротивлением обмотки трансформатора игнитрона, взаимной индуктивностью обеих половин катушки Кисблера, намагничивающим током этой катушки и коэффициентом связи между этими половинками.

В уравнениях приняты следующие обозначения:

U_d — падение напряжения в дуге зажигания;

E_0 — постоянное напряжение, уравновешивающее постоянную э.д.с. в цепи выпрямленного тока;

i — мгновенное значение выпрямленного тока;

I — действующее значение тока в первичной цепи;

x_r — индуктивное сопротивление на фазу всей первичной цепи (реактора и трансформатора);

r_k — активное сопротивление этой цепи;

$E'_0 = E_0 + U_d$ — часть U_d , уравновешивающая э.д.с., индуцируемую в обмотке якоря машины, выключенной в цепь выпрямленного тока;

r — сопротивление цепи выпрямленного тока;

L — индуктивность цепи выпрямленного тока;

r_e — эквивалентное сопротивление цепи выпрямленного тока;

L_R — суммарная индуктивность первичной и вторичной цепи на одну фазу;

ψ_2 — начальная фаза э.д.с.:

t_1, t_2, t_3 — моменты времени;

τ — угол коммутации (перекрывтия).

Уравнение для случая одновременного горения двух анодов установки можно представить в следующем виде:

$$L \frac{di}{dt} + ri = E_0 + \frac{\sqrt{3}}{2} E_m \sin \left(\omega t - \psi_2 + \frac{\pi}{6} \right) = 0. \quad (1)$$

Аналогично уравнение для случая одновременного горения трех анодов установки:

$$L \frac{di}{dt} + ri = E_0 + \frac{3}{4} E_m \sin \left(\omega t + \psi_2 \right) = 0. \quad (2)$$

На рис. 1 приведена схема включения вентилей установки.

На рис. 2 представлены кривые выпрямленного напряжения при $m = 3, m = 6, m = 12$ в режимах выпрямителя.

Как видно из рис. 1, в натуре работают 24 вентиля, а в модели — 3.

Критерии подобия различных режимов работы

А. Работа с бесконечно большой индуктивностью в цепи выпрямленного тока ($L = \infty$).

Уравнение режима одновременного горения двух анодов

$$\frac{x_1 x_2}{x_1} \frac{dJ}{dt} + x_1 x_2 R J = x_1 E_0 + \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{x_1 x_2}{x_1 x_2} E_m \sin \left(\omega t - \frac{x_2}{x_1} \psi_2 + \frac{x_2}{x_1} \frac{\pi}{6} \right) = 0. \quad (3)$$

Масштабные коэффициенты при всех членах полученного дифференциального уравнения для получения подобия должны быть равны взаимно.

Отсюда получаем следующие безразмерные величины:

$$\frac{x_1 x_2}{x_1} = 1(A); \quad \frac{x_2}{x_1 x_2} = 1(B); \quad \frac{x_1 x_2}{x_2 x_1} = 1(B). \quad (4)$$

Полученные безразмерные величины преобразуются в следующие критерии подобия линейных электрических цепей ртутно-выпрямительной установки:

$\frac{\omega L}{r} = \text{idem}$ — критерий электромагнитных и электрических скоростей;

$\frac{E_0}{ri} = \text{idem}$ — дополнительный критерий, по которому отношение элек-

тромагнитной мощности выпрямительного агрегата к потерям мощности в активном сопротивлении этой цепи должно быть одинаково у оригинала и модели. Это условие служит для определения масштабов;

$\omega t = \text{idem}$ — определяющий критерий гомотехности.

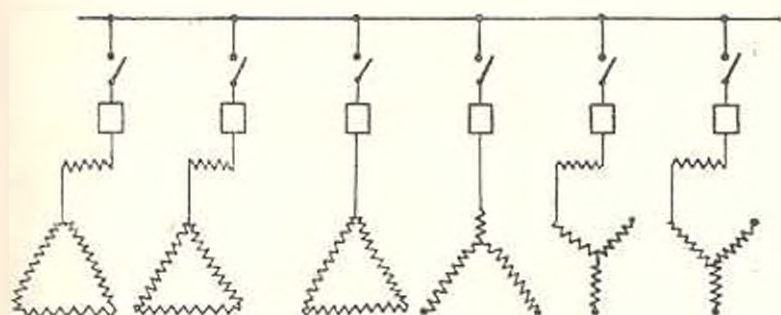


Схема соединения первичной стороны

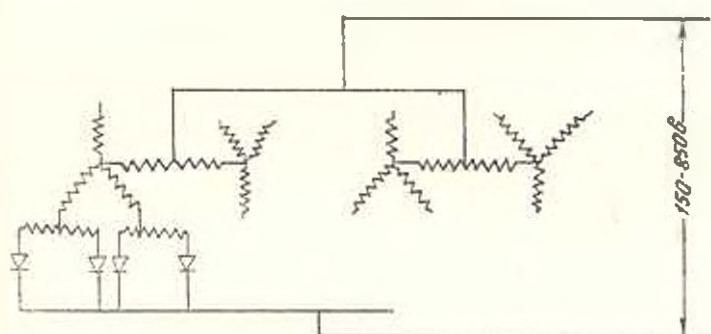
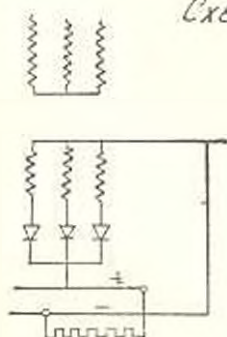


Схема соединения вторичной стороны



*Схема соединения 3-х вентилей агрегата
лабораторной установки*

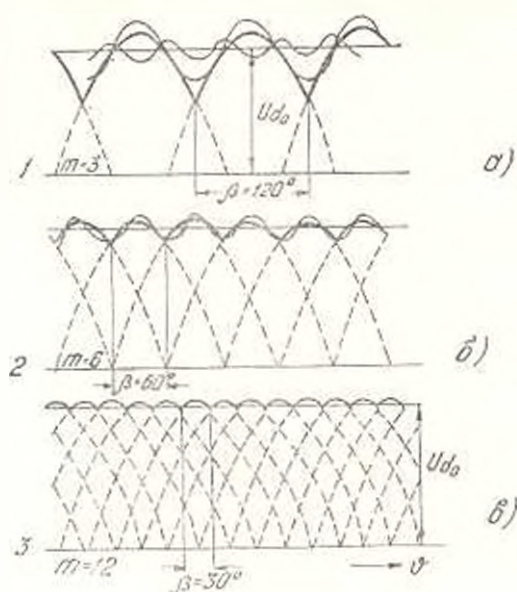


Рис. 2.

Рассмотрим режим одновременного горения трех анодов.

На рис. 2 представлена последовательность моментов загорания отдельных анодов. Из этого рисунка видно, что одновременно горят три анода в интервале времени $t_1 - t_3$.

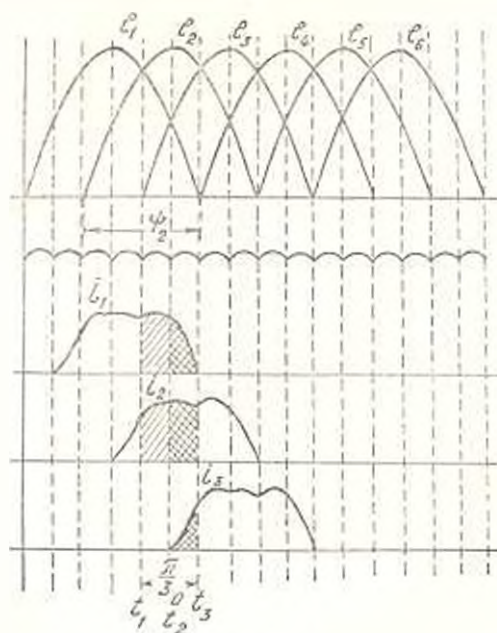


Рис. 3.

Из размерного дифференциального уравнения (2) с помощью масштабных коэффициентов получается безразмерное уравнение;

$$\alpha_L \frac{\alpha_1 L dI}{\alpha_i dt} + \alpha_r R I + \alpha_e E_m - \frac{3}{4} \alpha_r \alpha_m \alpha_e E_m \sin(\omega t + \psi_2) = 0, \quad (5)$$

Теперь выпишем безразмерные масштабные комплексы:

$$\frac{\alpha_L \alpha_1}{\alpha_r \alpha_i} = 1 (A); \quad \frac{\alpha_r}{\alpha_r \alpha_i} = 1 (B); \quad \frac{\alpha_r \alpha_m \alpha_e}{\alpha_r \alpha_e} = 1 (B).$$

Полученные безразмерные комплексные величины преобразуются в следующие критерии подобия:

$\frac{\omega L}{r}$ — idem — критерий электромагнитных и электрических скоростей;

$\frac{E_m}{r i}$ — idem — дополнительный критерий для определения масштабов;

ωt — idem — критерий гомохронности.

Б. Полное отсутствие индуктивности в цепи выпрямленного тока [$L = 0$].

Дифференциальное размерное уравнение для случая режима горения двух анодов имеет вид:

$$\frac{L_0}{r} \frac{di}{dt} + r i - E_m \sin\left(\omega t + \psi_2 + \frac{\pi}{6}\right) = 0, \quad (6)$$

Уравнение режима горения трех анодов имеет вид:

$$\frac{3}{8} L_0 \frac{di}{dt} + r i - E_m \sin(\omega t + \psi_2) = 0, \quad (7)$$

где L — индуктивность первой фазы первичной стороны агрегата.

Вышеприведенные размерные дифференциальные уравнения могут быть перенесены в безразмерные, в предположении, что $\omega t = 1$, а $E = 0$. Полученные безразмерные комплексные величины преобразуются в следующие критерии подобия:

Режим горения двух или трех анодов:

$\frac{\omega L_0}{r}$ — idem — критерий электромагнитной и электрической скоростей.

ωt — idem — критерий гомохронности.

Критерии, приведенные в таблице, являются определяющими. Представленные критерии ртутно-выпрямительной нагрузки могут быть использованы при проектировании модели ртутно-выпрямительной нагрузки динамической модели лаборатории энергосистемы.

Հ. Ռ. ԱՔԱՆԱՍՅԱՆ,

ԷՆԵՐԳՈՍԻՍՏԵՄԻ ՈՒՂԴԻՉԱՅԻՆ, ԲԵՌԻ ՆՄԱՆՈՒԹՅԱՆ, ԿՐԻՏԵՐԻԱՆԵՐԸ

Ա մ փ ո փ ու մ

Էներգոսիստեմների բաղադրատեսակ բեռների մոդելացման հարցը, ինչպես հայրենական, այնպես էլ արտասահմանյան գրականության մեջ բոլորովին քննարկված չէ և այն դեռ մնում է չլուծված:

Ենթկա հոգվածում նպատակ է դրվում միայն լուծելու էներգոսիստեմներում եղած ուղղիչային բեռի մոդելացման հարցը՝ ելնելով բնդհանուր մոդելացման տեսությունից:

Համաձայն այդ տեսություն, ամենից առաջ հարկավոր է պտնել ուղղիչի էլեկտրամագնիսական պրոցեսի նմանության կրիտերիաները:

Կիրառելով Մ. Պ. Կոստենկոյի և Լ. Ռ. Նեյմանի կողմից մշակված դիֆերենցիալ հավասարումները, հոգվածում դիտվում են ուղղիչի աշխատանքի երկու սահմանային դեպքեր. այն է՝

1. Ուղղիչի հոսանքի շղթայում տնենք անվերջ մեծ ինդուկտիվություն:

2. Այդ շղթայում ինդուկտիվությունը դերո է:

Ուղղիչի աշխատանքի այդ երկու սահմանային դեպքերի համար դիֆերենցիալ հավասարումներից մասշտաբային մեթոդով որոշվում են համապատասխան կրիտերիաները երկու կամ երեք անոդների միաժամանակ վառման դեպքում: Այդ նմանության կրիտերիաները դասավորվում են երեք աղյուսակներում, որպեսզի օգտագործվեն ապագայում ուղղիչային բեռի մոդելի նախագծման համար:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Веников В. А. Критерии подобия электромеханических явлений и их применение к моделированию электросистем. Журн. "Электричество", № 4, 1945.
2. Костенко М. П. и Трейман Г. Н. Моделирование электрических машин и трансформаторов при экспериментальном исследовании устойчивости параллельной работы электростанций. Труды ЛПИ, вып. 1, 1946.
3. Костенко М. П., Нейман Л. Р. и Глазалевиц Г. Н. Электромашинные процессы и системах с мощными выпрямительными установками. Изд. АН СССР, 1948.
4. Веников В. А. Применение теории подобия и физического моделирования в электротехнике, М., Госэнергоиздат, 1947.
5. Эйзенсон Л. С. Моделирование. "Советская наука", М., 1952.
6. Атанасян Г. А. и Палин Х. Р. Динамическое моделирование гидроэнергосистем. "Известия АН Армянской ССР", т. II, № 4, 1949.
7. Веников В. А. и Иванов-Смоленский А. В. Физическое моделирование электрических систем. М., Госэнергоиздат, 1956.
8. Веников В. А. Некоторые вопросы применения подобия при моделировании электрических систем. "Известия АН СССР", вып. 1, 1951.
9. Елизарова Н. В. Задачи научных исследований по изучению режимов работы гидроэнергосистем и их автоматического регулирования. "Известия АН Армянской ССР" [серия ФМЕТ наук], № 1, т. VI, 1953.