

Изготовлена опытная партия биметаллических антифрикционных втулок из композиции «железо-бронза», заводские и лабораторные испытания которых показали, что они по прочностным свойствам и работоспособности в 1,2—1,4 раза превосходят свойства антифрикционных втулок, изготовленных по базовой технологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Закономерности экструзии порошковых биметаллических материалов. 1. Напряженно-деформированное состояние при экструзии разнородных материалов/ Н. В. Милушкин, С. Г. Агбалян, Г. А. Туманян и др./ Порошковая металлургия.—1991.—№ 9.—С. 23—28.
2. Пресняков А. А. Пластичность металлических сплавов —Алма-Ата: Изд-во АН КазССР, 1959.—210 с.
3. Ершов А. А., Засуха П. Ф., Корников В. Д. Влияние легирующих элементов в стальной основе на образование диффузионных слоев при нагреве биметалла сталь-алюминий/ III Всесоюз. сов. о сварке разнород. цвет. мет. с черн. метал. и спл.—Киев, 1967.—С. 190—199.
4. Диаграммы состояния двойных и многокомпонентных систем на основе железа. Справ. изд. О. А. Банных, П. Б. Будберг, С. П. Алисова и др.—М.: Металлургия, 1986.—440 с.

ЕрПН

17 IV, 1991

Изв. АН Армении (сер. ТН). т. 45, № 3—4, 1992, с. 92—97

ЭНЕРГЕТИКА

УДК 621.311.1.001.24

Э. А. ЭТМЕКЧЯН, В. П. АРАКЕЛЯН, Н. М. ЭЛЬ САИД

ОБ ОДНОМ Z—МЕТОДЕ РАСЧЕТА УСТАНОВИВШЕГОСЯ РЕЖИМА ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Предложен метод расчета установившегося режима, основанный на построении Z эквивалентных уравнений при представлении множества нагрузочных узлов в виде единственного узла. Полученную систему линейных алгебраических уравнений рекомендуется решать итерационным путем.

Библиогр.: 6 назв.

Առաջարկվում է կառուցադրել սեփական հաշվման մեթոդ՝ հիմնված համարվող Z հաշվարկային հասցեման վրա, երբ բնական հանգույցների բազմությունը փոխարինվում է միակ հանգույցով: Առաջարկվում է լուծել համապատասխան համակարգը լուծվում է իտե-րացիոն եղանակով:

Матричное уравнение состояния электроэнергетической системы (ЭЭС) в Z-форме представляется в виде [1—6]

$$U = ZI, \quad (1)$$

где U — столбцевая матрица комплексных напряжений неизвестных узлов относительно напряжения базисного узла, I — столбцевая

рица комплексных токов независимых узлов, Z — неособенная квадратная матрица узловых комплексных направлений.

Предположим, что рассматриваемая ЭЭС состоит из $(M+1)$ узловых точек, из которых число стационарных узлов равняется $(\Gamma+1)$, число нагрузочных узлов — N и один из мощных стационарных узлов выбирается в качестве базисного, который называется также зависимым базисным узлом. Принимается следующая система индексов: для стационарных узлов — $m(n) = 0, 1, 2, \dots, \Gamma$; для узлов нагрузок: неизменяющихся в течение расчетного периода — $l(j) = \Gamma+1, \Gamma+2, \dots, \Gamma+N'$; для узлов нагрузок, изменяющихся в течение расчетного периода — $k(l) = \Gamma+N'+1, \Gamma+N'+2, \dots, \Gamma+N'+N''$, где N', N'' — число указанных узлов соответственно, причем, $N' + N'' = N$. С учетом принятой системы индексов матричное уравнение (1) принимает вид

$$\begin{bmatrix} \dot{U}_{m0} \\ \dot{U}_{ln} \\ \dot{U}_{ks} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{mn} & Z_{mj} & Z_{ml} \\ Z_{ln} & Z_{lj} & Z_{ll} \\ Z_{kn} & Z_{kj} & Z_{kl} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \dot{I}_n \\ \dot{I}_j \\ \dot{I}_l \end{bmatrix}, \quad (2)$$

где $\dot{U}_{m0}$ — столбцовая матрица комплексных напряжений независимых стационарных узлов относительно напряжения базисного узла $\dot{U}_0$; $\dot{U}_{ln}$ — столбцовая матрица комплексных напряжений нагрузочных узлов, мощности которых остаются постоянными в течение расчетного периода; $\dot{U}_{ks}$ — столбцовая матрица комплексных напряжений нагрузочных узлов, мощности которых изменятся в течение расчетного периода; $\dot{I}_n, \dot{I}_j, \dot{I}_l$ — столбцовые матрицы комплексных токов вышеотмеченных узлов соответственно; Z_{mn}, Z_{mj}, Z_{ml} — неособенные квадратичные матрицы собственных и взаимных комплексных сопротивлений соответственно между стационарными и двумя типами нагрузочных узлов; Z_{ln}, Z_{lj}, Z_{ll} — прямоугольные матрицы взаимных комплексных сопротивлений между стационарными и двумя типами нагрузочных узлов; Z_{kn}, Z_{kj} — прямоугольные матрицы взаимных комплексных сопротивлений между двумя типами нагрузочных узлов.

Предположим, что совокупности нагрузочных узлов N' и N'' представлены в виде одного суммирующего узла, при котором матричное уравнение (2) представляется в виде

$$\begin{bmatrix} \dot{U}_{m, \text{Б}} \\ \dot{U}_{\Sigma \Pi, \text{Б}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_{m, \Sigma \Pi} & Z_{m, \Sigma \Pi} \\ Z_{\Sigma \Pi, m} & Z_{\Sigma \Pi, \Sigma \Pi} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} \dot{I}_\Sigma \\ \dot{I}_{\Sigma \Pi} + \dot{I}_{\Sigma \Pi'} \end{bmatrix}, \quad (3)$$

где $\dot{U}_{\Sigma \Pi, \text{Б}}$ — комплексное напряжение эквивалентного нагрузочного узла относительно напряжения базисного узла; $\dot{I}_{\Sigma \Pi}$ — суммарный комплексный ток нагрузочных узлов, мощности которых не изменяются в период оптимизации; $\dot{I}_{\Sigma \Pi'}$ — суммарный комплексный ток

нагрузочных узлов, мощности которых изменяются в период оптимизации; $Z_{\pi, n}$ — взаимные комплексные сопротивления между независимыми стационарными и суммарным нагрузочными узлами; $Z_{\Sigma n, n}$ — взаимные комплексные сопротивления между суммарным нагрузочным и независимыми стационарными узлами.

Теперь необходимо установить аналитические выражения новых комплексных сопротивлений $Z_{\Sigma 1, n}$, $Z_{\Sigma n, n}$ и $Z_{\Sigma n, \Sigma n}$. Нетрудно заметить, что $Z_{\pi, \Sigma n}$ является столбцевой матрицей порядка Γ , $Z_{\Sigma n, n}$ — строичной матрицей также порядка Γ , а $Z_{\Sigma n, \Sigma n}$ — одним эквивалентным комплексным сопротивлением. Сопротивление $Z_{\Sigma n, \Sigma n}$ определяется из условий инвариантности комплексных мощностей независимых стационарных узлов до (S_m) и после (S'_m) преобразования ЭЭС.

$$S_m = S'_m, \quad m = 1, 2, \dots, \Gamma. \quad (4)$$

Сопротивления $Z_{\Sigma 1, n}$ и $Z_{\Sigma n, \Sigma n}$ определяются из условий инвариантности суммарных комплексных мощностей нагрузочных узлов до $(\sum_1 S_i + \sum_2 S_k)$ и после $(S'_{\Sigma n})$ преобразования ЭЭС

$$\sum_{i=\Gamma+1}^{\Gamma+H'} S_i + \sum_{k=\Gamma'+H'+1}^{\Gamma+H'+H''} S_k = S'_{\Sigma n}. \quad (5)$$

До эквивалентного преобразования исследуемой ЭЭС комплексные напряжения U_n независимых стационарных узлов на основании (2) определяются

$$U_n = U_B + \sum_{n=1}^{\Gamma} Z_{m,n} I_n + \sum_{j=\Gamma+1}^{\Gamma+H'} Z_{m,j} I_j + \sum_{l=\Gamma'+H'+1}^{\Gamma+H'+H''} Z_{m,l} I_l, \quad (6)$$

а после преобразования согласно (3) имеем

$$U_m = U_B + \sum_{n=1}^{\Gamma} Z_{m,n} I_n + Z_{m, \Sigma n} (I_{\Sigma n} + I_{\Sigma n}'). \quad (7)$$

Переходя к мощностям,

$$S_m = \left(U_B + \sum_{n=1}^{\Gamma} Z_{m,n} I_n + \sum_{j=\Gamma+1}^{\Gamma+H'} Z_{m,j} I_j + \sum_{l=\Gamma'+H'+1}^{\Gamma+H'+H''} Z_{m,l} I_l \right) \bar{I}_m, \quad (8)$$

$$S'_m = \left[U_B + \sum_{n=1}^{\Gamma} Z_{m,n} I_n + Z_{m, \Sigma n} (I_{\Sigma n} + I_{\Sigma n}') \right] \bar{I}_m \quad (9)$$

и пользуясь условием (4), получаем

$$Z_{m, \Sigma n} = \frac{A_{m1} + A_{m2}}{B_1 - B_2}, \quad m = 1, 2, \dots, \Gamma, \quad (10)$$

$$A_{mj} = \sum_{i=\Gamma+1}^{\Gamma+H'} Z_{m,i} \bar{I}_j, \quad A_{ml} = \sum_{i=\Gamma'}^{\Gamma+H'+H''} Z_{m,i} \bar{I}_l, \quad (11)$$

$$\dot{B}_j = \sum_{l=\Gamma+1}^{\Gamma+H^*} \dot{I}_l, \quad \dot{B}_k = \sum_{l=\Gamma+H^*+1}^{\Gamma+H^*+H^*} \dot{I}_l, \quad (12)$$

Фактически, величины $\dot{A}_{m1}$ и $\dot{B}_1$ остаются постоянными, а $\dot{A}_{m1}$ и $\dot{B}_1$ необходимо скорректировать при изменении активных и реактивных мощностей нагрузочных узлов с индексами $k(l)$.

Устанавливая аналитическое выражение для комплексного сопротивления $Z_{m, \Sigma H}$, необходимо установить такие же выражения и для комплексных сопротивлений $Z_{\Sigma H, n}$ и $Z_{\Sigma H, \Sigma H}$.

Используя (2), можем написать

$$\dot{S}_1 = \left(\dot{U}_n + \sum_{n=1}^{\Gamma} Z_{1n} \dot{I}_n + \sum_{l=\Gamma+1}^{\Gamma+H^*} Z_{1l} \dot{I}_l + \sum_{l=\Gamma+H^*+1}^{\Gamma+H^*+H^*} Z_{1l} \dot{I}_l \right) \dot{I}_1, \quad (13)$$

$$\dot{S}_k = \left(\dot{U}_k + \sum_{n=1}^{\Gamma} Z_{kn} \dot{I}_n + \sum_{j=\Gamma+1}^{\Gamma+H^*} Z_{kj} \dot{I}_j + \sum_{l=\Gamma+H^*+1}^{\Gamma+H^*+H^*} Z_{kl} \dot{I}_l \right) \dot{I}_k, \quad (14)$$

$$\dot{S}_{\Sigma H} = \left[\dot{U}_n + \sum_{n=1}^{\Gamma} Z_{\Sigma H, n} \dot{I}_n + Z_{\Sigma H, \Sigma H} (\dot{I}_{\Sigma H^*} + \dot{I}_{\Sigma H^*}) \right] \dot{I}_{\Sigma H}, \quad (15)$$

а затем из условия (5) определяем

$$Z_{\Sigma H, n} = \frac{A_{1n} - A_{k1}}{B_1 - B_k}, \quad (16)$$

где

$$A_{1n} = \sum_{l=1}^{\Gamma+H} Z_{1n} \dot{I}_l, \quad A_{k1} = \sum_{k=\Gamma+H^*+1}^{\Gamma+H^*+H^*} Z_{kn} \dot{I}_k, \quad (17)$$

$$B_1 = \sum_{l=\Gamma+1}^{\Gamma+H} \dot{I}_l, \quad B_k = \sum_{j=\Gamma+H^*+1}^{\Gamma+H^*+H^*} \dot{I}_j. \quad (18)$$

Здесь также величины A_{1n} , B_1 остаются постоянными, а A_{k1} и B_k необходимо скорректировать при изменении активных и реактивных мощностей нагрузочных узлов с индексами $k(l)$.

Определим $Z_{\Sigma H, \Sigma H}$

$$Z_{\Sigma H, \Sigma H} = \frac{A_{11} + A_{k1} - A_{1l} - A_{kl}}{(B_1 - B_k)(B_1 + B_l)}, \quad (19)$$

где

$$A_{11} = \sum_{l=\Gamma+1}^{\Gamma+H^*} \sum_{j=\Gamma+1}^{\Gamma+H^*} \dot{I}_l Z_{1l} \dot{I}_j, \quad A_{1l} = \sum_{l=\Gamma+1}^{\Gamma+H^*} \sum_{j=\Gamma+H^*+1}^{\Gamma+H^*+H^*} \dot{I}_l Z_{1l} \dot{I}_j, \quad (20)$$

$$A_{kl} = \sum_{k=\Gamma+H^*+1}^{\Gamma+H^*+H^*} \sum_{j=\Gamma+1}^{\Gamma+H^*} \dot{I}_k Z_{kl} \dot{I}_j, \quad A_{kl} = \sum_{k=\Gamma+H^*+1}^{\Gamma+H^*+H^*} \sum_{j=\Gamma+H^*+1}^{\Gamma+H^*+H^*} \dot{I}_k Z_{kl} \dot{I}_j, \quad (21)$$

$$B_l = \sum_{l=\Gamma+1}^{\Gamma+H} \dot{I}_l, \quad B_k = \sum_{k=\Gamma+H^*+1}^{\Gamma+H^*+H^*} \dot{I}_k, \quad (22)$$

$$\hat{B}_j = \sum_{i=1}^{r+1} \hat{I}_i, \quad \hat{B}_i = \sum_{j=1}^{r+1} \hat{I}_j. \quad (23)$$

В выражении (19) постоянными элементами являются $\hat{A}_j$, $\hat{B}_i$ и $\hat{B}_j$, а остальные элементы требуют корректировки при изменении активных и реактивных мощностей нагрузочных узлов $k(i)$.

Установившиеся аналитические выражения для искомым комплексных сопротивлений $Z_{m, n}$, $Z_{\Sigma n, n}$ и $Z_{\Sigma n, m}$, которые зависят только от комплексных токов нагрузочных узлов, можно перейти к построению системы элементарных уравнений установившегося режима ЭЭС. На основании (3) можем написать

$$U_{m, n} = \sum_{a=1}^r Z_{m, a} I_a + Z_{\Sigma n, m} (I_{\Sigma n} + I_{\Sigma n}), \quad (24)$$

$$U_{\Sigma n, n} = \sum_{a=1}^r Z_{\Sigma n, a} I_a + Z_{\Sigma n, n} (I_{\Sigma n} + I_{\Sigma n}). \quad (25)$$

Вычитывая уравнение (27) из (24), получаем

$$U_m = U_{\Sigma n} + \sum_{a=1}^r (Z_{m, a} - Z_{\Sigma n, a}) I_a + (Z_{m, \Sigma n} - Z_{\Sigma n, \Sigma n}) (I_{\Sigma n} + I_{\Sigma n}). \quad (26)$$

Теперь необходимо суммарный ток $(I_{\Sigma n} + I_{\Sigma n})$ выразить через токи стационарных узлов, для чего на основании закона о балансе токов для системы в целом:

$$I_0 + \sum_{a=1}^r I_a + (I_{\Sigma n} + I_{\Sigma n}) = 0, \quad (27)$$

откуда

$$I_{\Sigma n} + I_{\Sigma n} = -I_0 - \sum_{a=1}^r I_a. \quad (28)$$

Если (28) учесть в (26), получим

$$U_m = U_{\Sigma n} + (Z_{m, \Sigma n} - Z_{\Sigma n, \Sigma n}) I_0 + \sum_{a=1}^r (Z_{m, a} - Z_{\Sigma n, a} - Z_{\Sigma n, \Sigma n} + Z_{\Sigma n, \Sigma n}) I_a \quad (29)$$

или

$$U_m = U_{\Sigma n, r} + \sum_{a=1}^r Z_{m, a} I_a, \quad (30)$$

где

$$U_{\Sigma n, r} = U_{\Sigma n} + (Z_{\Sigma n, \Sigma n} - Z_{m, \Sigma n}) I_0, \quad (31)$$

$$Z_{m, a} = Z_{m, n} - Z_{m, \Sigma n} - Z_{\Sigma n, \Sigma n} + Z_{\Sigma n, \Sigma n}. \quad (32)$$

Полученная система уравнений (30) фактически является математической моделью установившегося режима ЭЭС. Нетрудно заметить, что порядок матрицы узловых комплексных сопротивлений $Z_{m, a}$ равняется числу независимых стационарных узлов.

При задании активных и реактивных мощностей независимых станционных узлов нетрудно определить численные значения комплексных напряжений этих же узлов, решая систему уравнений (30) итерационным методом.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Хачатрян В. С. Определение собственных и взаимных сопротивлений энергосистемы относительно базисного узла // Электричество.—1963.—№ 12.—С. 36—38.
2. Хачатрян В. С. К методам расчета собственных и взаимных сопротивлений сложных энергосистем // Электричество.—1964.—№ 10.—С. 47—51.
3. Хачатрян В. С. К методам расчета рабочих режимов электрических сетей // Изв. АН СССР Энергетика и транспорт.—1967.—№ 2.—С. 37—41.
4. Хачатрян В. С., Суханов О. А. Динамика и задачи определения обобщенных параметров больших энергосистем // Электричество.—1973.—№ 4.—С. 1—10.
5. Хачатрян В. С. Метод и алгоритм расчета установившихся режимов больших энергосистем // Изв. АН СССР, Энергетика и транспорт.—1973.—№ 4.—С. 45—57.
6. Хачатрян В. С. Определение установившихся режимов больших электроэнергетических систем с применением метода Ньютона-Рафсона // Изв. АН СССР, Энергетика и транспорт.—1974.—№ 4.—С. 36—43.

ЕрПН

5. XI. 1991

Изв. АН Армении (сер. ТН), т. 15, № 3—4, 1992, с. 97—102

ЭНЕРГЕТИКА

УДК 533.6.01.622

С. И. ЦАТУРЯН, С. С. МАРКЕЛОВ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАКОНОВ ИЗМЕНЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ И РАСХОДА ГАЗА ВДОЛЬ МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА ПРИ НЕИЗОТЕРМИЧЕСКОМ И НЕСТАЦИОНАРНОМ РЕЖИМЕ РАБОТЫ

Рассматривается нестационарное неизотермическое движение газа в магистральном газопроводе при заданных законах давления как в начале, так и в конце трубопровода. В рамках допускаемой линеаризации из системы дифференциальных уравнений, описывающей неизотермическое и неустановившееся движение газа в магистральном газопроводе, получено относительно давления дифференциальное уравнение с переменными коэффициентами, которое решено методом конечного интегрального преобразования Ханкеля. Получены формулы, позволяющие следить за ходом изменения давления и расхода вдоль газопровода с течением времени.

Ил. 2. Библиогр.: 6 назв.

Դիտվում է զինավոր զազամուղում զազի ու իդոթերմիկ և չկայունացված շարժումը, երբ զազամուղի սկզբում ու վերջում տրվում են դադի ճնշման փոփոխության օրենքները: Դիտվող զազամուղում զազի չկայունացված ու իդոթերմիկ շարժումը բնութագրող հավասարումների համակարգից Թուրյատրվող գծայնացման սահմաններում ազդի ճնշման եկատմամբ փոփոխական գործակիցներով առաջված է դիֆերենցիալ հավասարում, որը լուծվում է Լանկելի վերջավոր ինտեգրման ձևափոխությամբ: Առաջված բանաձևերը հնարավորություն են տալիս զազամուղի երկարությամբ հետևել զազի ճնշման ու ծախսի փոփոխությանը, կախված տեղի ու ժամանակից: