

оправдано с точки зрения повышения эффективности хозяйственной деятельности.

В целом данные, полученные в таблице, свидетельствуют о том, что стабильность влияния исследуемых факторов на рентабельность весьма неодинакова. Там, где сила влияния невысока, это означает, что выявленные и отраженные в множественном уравнении связи зависимости могут квалифицироваться не в качестве установившихся тенденций, а как соотношения, присущие данному периоду времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лисичкин В.К. Рентабельность: зарубежный опыт // Бухгалтерский учет - 1992 - №3, С. 27-31
2. Ефимова М.Р. Статистические методы в управлении производством - М: Финансы и статистика, 1988. - 151 с.

ГИУА

28.08.1996

Изв. НАН и ГИУ Армении (сер. ТН), т. 1, № 1, 1997, с. 17- 24.

УДК 621.311.1.001.24

ЭНЕРГЕТИКА

В.С. ХАЧАТРЯН, Г.А. БАДАЛЯН

ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Առաջարկվում է հանգուցային համալիր հոսանքի զգացողականությունը երկաթնուրան համալիր դիմադրության փոփոխման նկատմամբ հաշվելու նոր մեթոդ: Համառոտ-դեղնված թվերների տեսությունը տրոհման սկզբունքի հետ՝ ծագում են էլեկտրատեղեկականության բնույթը կողմ խնդիրների լուծման նոր ենթադրություններ:

Предлагается новый метод расчета чувствительности узловых комплексных токов относительно изменения предельных комплексных сопротивлений. Сочетание теории Теллежена с идеей декомпозиции открывает новые возможности для решения задач из области электроэнергетики.

Библиогр. 6 назв.

A new method of nodal complex current sensitivity calculation relative to ultimate complex resistance changes is proposed. The combination of Tellegen's theory with the idea of decomposition opens up new possibilities for electrical power engineering problem solving.

Ref. 6.

При коррекции установившегося режима электроэнергетических систем (ЭЭС) требуется определить чувствительность узловых комплексных токов относительно изменения продольных и поперечных комплексных сопротивлений.

В настоящей работе рассматривается чувствительность относительно продольных комплексных сопротивлений. Предложенный метод определения указанной чувствительности основывается на теореме Телледжена, которая в последние годы широко применяется для решения задач из области ЭЭС [1-4].

В работе впервые сочетается идея декомпозиции с теорией Телледжена при решении задачи чувствительности. Если рассматриваемая ЭЭС представляется как совокупность n подсистем, каждая из которых состоит соответственно из $N_1, N_2, \dots, N_n$ ветвей, для двух топологично идентичных схем можно написать следующие выражения:

$$\begin{cases} \sum_{b_1}^{N_1} \dot{U}_{b_1} \dot{I}_{b_1}^c + \sum_{b_2}^{N_2} \dot{U}_{b_2} \dot{I}_{b_2}^c + \dots + \sum_{b_n}^{N_n} \dot{U}_{b_n} \dot{I}_{b_n}^c = 0; \\ \sum_{b_1}^{N_1} \dot{U}_{b_1}^c \dot{I}_{b_1} + \sum_{b_2}^{N_2} \dot{U}_{b_2}^c \dot{I}_{b_2} + \dots + \sum_{b_n}^{N_n} \dot{U}_{b_n}^c \dot{I}_{b_n} = 0. \end{cases} \quad (1)$$

Если схема имеет внешние ветви, относительно которых принимается система индексов $i = (i_1, i_2, \dots, i_n)$, то (1) и (2) необходимо представить в виде

$$\begin{cases} \sum_{i_1} \dot{U}_{i_1} \dot{I}_{i_1}^c + \sum_{b_2} \dot{U}_{b_2} \dot{I}_{b_2}^c + \dots + \sum_{i_n} \dot{U}_{i_n} \dot{I}_{i_n}^c + \sum_{b_n} \dot{U}_{b_n} \dot{I}_{b_n}^c = 0; \\ \sum_{i_1} \dot{U}_{i_1}^c \dot{I}_{i_1} + \sum_{b_2} \dot{U}_{b_2}^c \dot{I}_{b_2} + \dots + \sum_{i_n} \dot{U}_{i_n}^c \dot{I}_{i_n} + \sum_{b_n} \dot{U}_{b_n}^c \dot{I}_{b_n} = 0. \end{cases} \quad (2)$$

Поскольку речь идет об определении чувствительности, то необходимо установить зависимость типа

$$\Delta \dot{I} = \Delta \dot{I}(\Delta Z). \quad (3)$$

Предположим, что изменяются по величине продольные комплексные сопротивления, тогда соответственно изменяются также узловые комплексные напряжения и токи, и для α -сопряженной системы можем написать:

$$\begin{cases} \sum_{i_1} \dot{U}'_{i_1} \dot{I}'_{i_1}{}^\alpha + \sum_{b_2} \dot{U}'_{b_2} \dot{I}'_{b_2}{}^\alpha + \dots + \sum_{i_n} \dot{U}'_{i_n} \dot{I}'_{i_n}{}^\alpha + \sum_{b_n} \dot{U}'_{b_n} \dot{I}'_{b_n}{}^\alpha = 0; \\ \sum_{i_1} \dot{U}'_{i_1}{}^\alpha \dot{I}'_{i_1} + \sum_{b_2} \dot{U}'_{b_2}{}^\alpha \dot{I}'_{b_2} + \dots + \sum_{i_n} \dot{U}'_{i_n}{}^\alpha \dot{I}'_{i_n} + \sum_{b_n} \dot{U}'_{b_n}{}^\alpha \dot{I}'_{b_n} = 0. \end{cases} \quad (4)$$

При этом новые значения узловых комплексных напряжений и токов определяются в виде

$$\begin{cases} \dot{U}'_{i_1} = \dot{U}_{i_1} + \Delta \dot{U}_{i_1}, \dots, \dot{U}'_{i_n} = \dot{U}_{i_n} + \Delta \dot{U}_{i_n}; \\ \dot{U}'_{b_2} = \dot{U}_{b_2} + \Delta \dot{U}_{b_2}, \dots, \dot{U}'_{b_n} = \dot{U}_{b_n} + \Delta \dot{U}_{b_n}; \\ \dot{I}'_{i_1} = \dot{I}_{i_1} + \Delta \dot{I}_{i_1}, \dots, \dot{I}'_{i_n} = \dot{I}_{i_n} + \Delta \dot{I}_{i_n}; \\ \dot{I}'_{b_2} = \dot{I}_{b_2} + \Delta \dot{I}_{b_2}, \dots, \dot{I}'_{b_n} = \dot{I}_{b_n} + \Delta \dot{I}_{b_n}. \end{cases} \quad (5)$$

Подставив (5) в (4), получим

$$\begin{cases} \sum_{i_1} \Delta \dot{U}_{i_1} \dot{I}_{i_1}^* + \sum_{b_1} \Delta \dot{U}_{b_1} \dot{I}_{b_1}^* + \dots + \sum_{i_n} \Delta \dot{U}_{i_n} \dot{I}_{i_n}^* + \sum_{b_n} \Delta \dot{U}_{b_n} \dot{I}_{b_n}^* = 0; \\ \sum_{i_1} \dot{U}_{i_1}^* \Delta \dot{I}_{i_1} + \sum_{b_1} \dot{U}_{b_1}^* \Delta \dot{I}_{b_1} + \dots + \sum_{i_n} \dot{U}_{i_n}^* \Delta \dot{I}_{i_n} + \sum_{b_n} \dot{U}_{b_n}^* \Delta \dot{I}_{b_n} = 0. \end{cases} \quad (6)$$

Аналогично (6), можем написать выражения для комплексно-сопряженных напряжений и токов:

$$\begin{cases} \sum_{i_1} \Delta \hat{U}_{i_1} \hat{I}_{i_1}^* + \sum_{b_1} \Delta \hat{U}_{b_1} \hat{I}_{b_1}^* + \dots + \sum_{i_n} \Delta \hat{U}_{i_n} \hat{I}_{i_n}^* + \sum_{b_n} \Delta \hat{U}_{b_n} \hat{I}_{b_n}^* = 0; \\ \sum_{i_1} \hat{U}_{i_1}^* \Delta \hat{I}_{i_1} + \sum_{b_1} \hat{U}_{b_1}^* \Delta \hat{I}_{b_1} + \dots + \sum_{i_n} \hat{U}_{i_n}^* \Delta \hat{I}_{i_n} + \sum_{b_n} \hat{U}_{b_n}^* \Delta \hat{I}_{b_n} = 0. \end{cases} \quad (7)$$

Представим уравнения продольных ветвей следующим образом:

$$\begin{aligned} \dot{U}_{b_1} &= Z_{b_1} \dot{I}_{b_1}; \\ &\dots \dots \dots \\ \dot{U}_{b_n} &= Z_{b_n} \dot{I}_{b_n}. \end{aligned} \quad (8)$$

Уравнения (8) в приращениях можно представить в виде

$$\begin{cases} \dot{U}_{b_1} + \Delta \dot{U}_{b_1} = (Z_{b_1} + \Delta Z_{b_1}) (\dot{I}_{b_1} + \Delta \dot{I}_{b_1}); \\ \dots \dots \dots \\ \dot{U}_{b_n} + \Delta \dot{U}_{b_n} = (Z_{b_n} + \Delta Z_{b_n}) (\dot{I}_{b_n} + \Delta \dot{I}_{b_n}). \end{cases} \quad (9)$$

Если пренебрегая малыми величинами второго порядка, получим

$$\begin{cases} \Delta \dot{U}_{b_1} = Z_{b_1} \Delta \dot{I}_{b_1} + \Delta Z_{b_1} \dot{I}_{b_1}; \\ \Delta \dot{U}_{b_n} = Z_{b_n} \Delta \dot{I}_{b_n} + \Delta Z_{b_n} \dot{I}_{b_n}. \end{cases} \quad (10)$$

Аналогичные выражения можем написать относительно комплексно-сопряженных величин:

$$\begin{cases} \Delta \hat{U}_{b_1} = \hat{Z}_{b_1} \Delta \hat{I}_{b_1} + \Delta \hat{Z}_{b_1} \hat{I}_{b_1}; \\ \dots \dots \dots \\ \Delta \hat{U}_{b_n} = \hat{Z}_{b_n} \Delta \hat{I}_{b_n} + \Delta \hat{Z}_{b_n} \hat{I}_{b_n}. \end{cases} \quad (11)$$

Пользуясь выражениями комплексных узловых мощностей отдельных подсистем, можем установить также следующие соотношения:

$$\begin{cases} \Delta \dot{U}_{i_1} = -\frac{\dot{U}_{i_1}}{\hat{I}_{i_1}} \cdot \Delta \hat{I}_{i_1}; \\ \dots \dots \dots \\ \Delta \dot{U}_{i_n} = -\frac{\dot{U}_{i_n}}{\hat{I}_{i_n}} \cdot \Delta \hat{I}_{i_n}. \end{cases} \quad (12)$$

Для комплексно-сопряженных величин получим

$$\begin{aligned}
& -\{[\Delta \hat{I}_r (\dot{U}_r^a + \frac{\dot{U}_r}{\hat{I}_r} \hat{I}_r^a) + \Delta \hat{I}_r (\hat{U}_r^a + \frac{\dot{U}_r}{\hat{I}_r} I_r^a)] + \\
& + \sum_{(i,r)} [\Delta \hat{I}_i (\dot{U}_i^a + \frac{\dot{U}_i}{\hat{I}_i} \hat{I}_i^a) + \Delta \hat{I}_i (\hat{U}_i^a + \frac{\dot{U}_i}{\hat{I}_i} I_i^a)] + \dots + \\
& + \sum_{(i,r)} [\Delta \hat{I}_i (\dot{U}_i^a + \frac{\dot{U}_i}{\hat{I}_i} \hat{I}_i^a) + \Delta \hat{I}_i (\hat{U}_i^a + \frac{\dot{U}_i}{\hat{I}_i} I_i^a)] \} + \\
& + \sum (\Delta Z_{b_i} \dot{I}_{b_i} I_r^a + \Delta Z_{b_i} \hat{I}_{b_i} \hat{I}_{b_i}^a) + \dots + \sum (\Delta Z_{b_i} \dot{I}_{b_i} I_b^a + \Delta Z_{b_i} \hat{I}_{b_i} \hat{I}_{b_i}^a) = 0.
\end{aligned}
\tag{16}$$

Если для α -сопряженной ЭЭС обеспечить условия

[illegible]

то (16) еще более упрощается и принимает вид

$$\begin{aligned} & \Delta \hat{I}_i (\hat{U}_i^a + \frac{\hat{U}_i}{\hat{I}_i} \hat{I}_i^a) + \Delta \hat{I}_i (\hat{U}_i^a + \frac{\hat{U}_i}{\hat{I}_i}) = \\ & = \sum (\Delta Z_{i_1} \hat{I}_{i_1} \hat{I}_i^a + \Delta Z_{i_1} \hat{I}_{i_1} \hat{I}_i^a) + \dots + \sum (\Delta Z_{i_n} \hat{I}_{i_n} \hat{I}_i^a + \Delta Z_{i_n} \hat{I}_{i_n} \hat{I}_i^a). \end{aligned} \quad (18)$$

Предположим также, что изменяется комплексное сопротивление только одной ветви с индексом A и для Ω сопряженной ЭЭС обеспечивается условие

$$\dot{U}_r' + \frac{\dot{U}_r'}{i} \hat{I}_r^a = \dot{U}_r^a + \frac{\dot{U}_r'}{i} i_r^a = 1. \quad (19)$$

Тогда выражение (18) принимает свой окончательный вид

$$\Delta \hat{I}_i + \Delta \hat{I}_j = \Delta \hat{Z}_i \hat{I}_i \hat{I}_j^u + \Delta \hat{Z}_j \hat{I}_j \hat{I}_i^u. \quad (20)$$

Относительно β -сопряженной ЭЭС можем получить следующее выражение:

$$\Delta I_i - \Delta \bar{I}_i = -(\Delta Z_i I_i P_i^0 - \Delta Z_i \bar{I}_i \bar{P}_i^0). \quad (21)$$

Суммируя (20) и (21), получим

$$2\Delta\dot{I}_r = \Delta Z_r \dot{I}_r (\dot{I}_r^a - \dot{I}_r^b) + \Delta Z_r \dot{I}_r (\dot{I}_r^a + \hat{I}_r^b), \quad (22)$$

Таким образом, чтобы определить чувствительность ΔI относительно изменения ΔZ , необходимо иметь: ΔZ (ΔZ_i) — задается согласно постановке задачи; $I_i(1, \dots)$, что получается на основании расчетов

установившегося режима заданной ЭЭС: $\dot{I}_1^a (\dot{I}_1^a)$ — получается в результате расчета установившегося режима α -сопряженной ЭЭС; $\dot{I}_1^b (\dot{I}_1^b)$ — получается в результате расчета установившегося режима β -сопряженной ЭЭС.

Расчет установившегося режима как исходной, так и α - и β -сопряженных ЭЭС осуществляется методом декомпозиции. Поскольку результаты расчета установившегося режима исходной ЭЭС считаются заданными, то остановимся на расчетах α - и β -сопряженных ЭЭС.

Расчет установившегося режима α -сопряженной ЭЭС осуществляется на основании следующих матричных уравнений:

$$\begin{cases} \dot{U}_{B_1}^a = \dot{U}_{B_1} + Z_{1,1} \dot{I}_1^a; \\ \dot{U}_{B_2}^a = \dot{U}_{B_2} + Z_{1,2} \dot{I}_1^a; \\ \dots \\ \dot{U}_{B_n}^a = \dot{U}_{B_n} + Z_{1,n} \dot{I}_1^a. \end{cases} \quad (23)$$

Расчет установившегося режима β -сопряженной ЭЭС осуществляется на основании матричных уравнений:

$$\begin{cases} \dot{U}_{B_1}^b = \dot{U}_{B_1} - Z_{1,1} \dot{I}_1^b; \\ \dot{U}_{B_2}^b = \dot{U}_{B_2} + Z_{1,2} \dot{I}_1^b; \\ \dots \\ \dot{U}_{B_n}^b = \dot{U}_{B_n} - Z_{1,n} \dot{I}_1^b. \end{cases} \quad (24)$$

В матричных уравнениях (23) и (24) имеем

$$\begin{cases} \dot{U}_{B_1} = \dot{U}_B - Z_{1,M_1} \Delta \dot{I}_{M_1} + \Delta Z_{1,S_1} \dot{I}_{S_1}; \\ \dot{U}_{B_2} = \dot{U}_{M_1} - Z_{1,M_2} \Delta \dot{I}_{M_2} + \Delta Z_{1,S_2} \dot{I}_{S_2}; \\ \dots \\ \dot{U}_{B_n} = \dot{U}_{M,n-1} - Z_{1,M} \Delta \dot{I}_M + \Delta Z_{1,S} \dot{I}_S, \end{cases} \quad (25)$$

где $\dot{U}_B$ — напряжение единственного базисного (балансирующего) узла для системы в целом; $\dot{U}_{M_1}$ — комплексное напряжение узла M_1 первой подсистемы, с которой стыкуется вторая подсистема; $\dot{U}_{M_2}$ — комплексное напряжение узла M_2 второй подсистемы, с которой стыкуется третья подсистема и т.д.; $\dot{U}_{M,n-1}$ — комплексное напряжение узла $M,n-1$ предпоследней подсистемы, с которой стыкуется последняя подсистема; $Z_{1,M_1}, Z_{1,M_2}, \dots, Z_{1,M}$ — последние столбцы соответствующих матриц $Z_{1,1}, Z_{1,2}, \dots, Z_{1,n}$; $\Delta Z_{1,S_1}, \Delta Z_{1,S_2}, \dots, \Delta Z_{1,S}$ — комплексные сопротивления вновь полученных узлов в результате декомпозиции ЭЭС, соответственно

принадлежащих подсистемам I, II, ..., N. Комплексный ток I_{γ} , входящий во все выражения (25), определяется в виде

$$I_{\gamma} = (Z_{r\delta} - Z_{л\pi})^{-1} \Delta U_{\gamma} \quad (26)$$

С другой стороны, матрица комплексных сопротивлений Z_{α} определяется в виде

$$Z_{r\delta} = (Z_{r\gamma} - Z_{r\delta}) - (Z_{\delta\gamma} - Z_{\delta\delta}). \quad (27)$$

Матрица $Z_{л\pi}$ является диагональной и имеет следующий вид:

$$Z_{л\pi} = \begin{bmatrix} Z_{л\pi}^I & & \\ & Z_{л\pi}^{\text{II}} & \\ & & Z_{л\pi}^I \end{bmatrix} \quad (28)$$

С другой стороны,

$$\Delta U_i = \Delta U_{i1} + \Delta U_{i2} + \dots + \Delta U_{in} \quad (29)$$

и представляет собой сумму падений комплексных напряжений, возникающих относительно вновь полученных узлов соответствующих подсистем.

Расчет установившихся режимов α - и β -сопряженных ЭЭС методом декомпозиции можно осуществлять вычислительным алгоритмом, приведенным в [5].

В результате расчета установившихся режимов α - и β -сопряженных ЭЭС определяем те неизвестные величины, которые необходимы в (22) для определения численного значения искомого приращения комплексного тока ΔI узла i .

Таким образом, на основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Сочетая теорию Телледжена с идеей декомпозиции, можно успешно решить задачу определения чувствительности узлового комплексного тока относительно изменения величины комплексного сопротивления продольной ветви.
2. Решая задачу чувствительности, можно решить задачу коррекции установившегося режима ЭЭС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хачатрян В.С., Этмекчян Э.А. Определение чувствительности потерь мощности и энергии при изменении пассивных параметров электрических систем // Пути экономии и повышения эффективности использования электроэнергии в системах электроснабжения промышленности и транспорта. Тез. докл. Всесоюз. науч.-тех. конф. Казань, 1984. - С. 58-59.
2. Хачатрян В.С., Этмекчян Э.А. Теорема Телледжена в вопросах моделирования электрических систем // Моделирование электроэнергетических систем. Тез. докл. IX Всесоюз. науч. конф. - Рига, 1987. - С. 435-436.
3. Хачатрян В.С., Этмекчян Э.А. Метод коррекции установившихся режимов электрических систем // Электричество. - 1987. - № 3. - С. 45-51.

4. Хачатрян В.С., Этмекчян Э.А., Бадалян Г.А. Новый метод коррекции установившегося режима при изменении пассивных параметров электрической системы // Известия НАН Армении и ГИУА. Серия ТН. - 1996. - № 2. - С. 80-84.
5. Хачатрян В.С. Решение уравнений установившихся режимов больших электрических систем с применением метода декомпозиции // Электричество. - 1976. - № 6. - С. 12-19.
6. Лисеев М.С., Шарофидинов Х.Х. Коррекция режима электроэнергетической системы для устранения перегрузок передающих элементов // Изв. АН СССР Энергетика и транспорт. - 1988. - № 2. - С. 71-79.

ГИУА

7.01.1997

Изв. НАН и ГИУ Армении (сер. ТН), т. L, № 1, 1997, с. 24 - 29.

УДК 621.311.001.24:002.6

ЭНЕРГЕТИКА

В.П. АРАКЕЛЯН, К.В. ХАЧАТРЯН, Х. ИСЛАМ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ НЕНАБЛЮДАЕМОЙ ЧАСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Առաջին անգամ կառուցվում է էԷՍ-ի անկախ կայանների հանգույցների կայունացված մարմնատիպական մոդել: Հստակապես անվանական տվյալների դրանք ներկայացվում են որպես հասանելի հաշվողականություններ և որպես անկայունացվածային տարրեր ընդգրկվում են մատրիցում: Առաջված ոչ գծային հանրահաշվական հավասարումների համակարգը լուծելով Նյուտոն-Ռաֆսոնի սերողով՝ ստացվում են դիտելի կայունային հանգույցների համարի շարքաներ, այնուհետև որոշվում ոչ դիտելի բնային հանգույցների համարի կայուններ:

Построена математическая модель установившегося режима относительных независимых стационарных узлов ЭЭС. На основании номинальных данных нагрузочных узлов они представлены в виде комплексных проводимостей и в качестве диагональных элементов вводятся в Y-матрицу. Определяются комплексные напряжения наблюдаемых стационарных узлов, а также ненаблюдаемых нагрузочных узлов при решении полученной системы нелинейных алгебраических уравнений методом Ньютона-Рафсона.

Библиогр.: 6 назв

A mathematical model of relative independent stationary electric power system units in steady-state conditions has been built. Based on nominal data the loads are represented in the form of complex conductances. As diagonal elements they are introduced into Y-array. Complex voltages of observable stationary units as well as nonobservable loading nodes are specified for solving the obtained simultaneous nonlinear algebraic equations by means of the Newton-Rafson method.

Ref. 6.

В связи с появлением современных больших электроэнергетических систем (ЭЭС) резко возрастают границы их расположения. При этом получение необходимой информации для их управления практически становится трудно реализуемым [1 - 4]. Это приводит к тому, что ЭЭС становится не полностью наблюдаемой и, следовательно, не полностью управляемой.