

Г. Т. АДОЦ, Л. Г. АЛЕКЯН

УСКОРЕНИЕ ИТЕРАЦИИ В РАСЧЕТАХ УСТАНОВИВШИХСЯ
РЕЖИМОВ ПО МЕТОДУ НЬЮТОНА

Введение. В связи с многократным использованием программ расчета установившихся режимов (УР) в ряде других расчетов, в частности, в расчетах оптимального режима энергосистем с большим числом узлов, оказывается необходимым введение коэффициента ускорения итерации. Исследования показывают, что величина этого коэффициента зависит от метода решения уравнений УР. Так, например, при строном решении уравнений УР используются эмпирические коэффициенты ускорения, определяемые величинами $1,4 \div 1,6$ [1].

При решении уравнений методом Ньютона коэффициенты ускорения не используются. Однако, этот метод требует приближенного знания исходных значений искомых параметров в нулевом приближении. Кроме того, метод ограничивает число узлов системы при решении уравнений УР.

Цель исследования. Рассматривается предложение об ускорении итерации при решении уравнений УР при раздельном представлении приращений активных и реактивных мощностей узлов [2], когда число охватываемых узлов вдвое превышает число узлов при решении уравнений обычным методом Ньютона. Кроме того, рассматривается возможность при использовании раздельных уравнений приращения эквивалентирования заданной схемы многополюсником, учитывающим только генераторные и нагрузочные узлы.

Предлагаемый способ ускорения итерации. Для ускорения итерации были исследованы следующие четыре способа:

а) ускорение путем определения характеристических чисел матрицы коэффициентов решаемых уравнений;

б) определение коэффициента ускорения путем использования максимального и минимального значений характеристических чисел [3];

в) определение коэффициента ускорения путем использования формулы нормы обусловленности матрицы коэффициентов решаемых уравнений [4];

г) определение коэффициентов ускорения по следующей предлагаемой формуле:

$$K_y = \frac{M - \mu}{M + \mu}, \quad (1)$$

где

$$M = \sqrt{\max_{k=1}^n \sum_{m=1}^n \left(\frac{\partial Q_m}{\partial U_k} \right)^2}; \quad \mu = \sqrt{\min_{k=1}^n \sum_{m=1}^n \left(\frac{\partial Q_m}{\partial U_k} \right)^2}.$$

Исследования показали, что первые три способа непригодны для ускорения итерации в расчетах УР энергосистем.

Коэффициенты уравнений M и μ определяются в зависимости от числовых значений элементов матрицы коэффициентов следующих расчетных уравнений УР:

$$\left[\frac{\partial Q_m}{\partial U_k} \right]^i \cdot |\Delta U_k|^{i-1} = |\Delta Q_m|^i, \quad (2)$$

где $\Delta Q^i = Q^i - Q$; $\Delta U^{i-1} = U^{i-1} - U$; $\frac{\partial Q_m}{\partial U_k}$ — частные производные от Q m -го узла по U k -го узла; i — номер шага итерации.

В последовательно решаемых уравнениях УР, кроме (2), используются и следующие уравнения (3):

$$\left[\frac{\partial P_m}{\partial S_k} \right]^i \cdot |\Delta S_k|^{i-1} = |\Delta P_m|^i, \quad (3)$$

где $\Delta P^i = P^i - P$; $\Delta S^{i-1} = S^{i-1} - S$; $\frac{\partial P_m}{\partial S_k}$ — частные производные от P m -го узла по $S_k = \sin \psi_k$ k -го узла, ψ_k — фаза комплексного напряжения k -го узла; Q_m^x , P_m^x — заданные в узле m реактивная и активная мощности.

Исследования показали также, что при решении уравнений ΔP_m вводить коэффициенты ускорения нецелесообразно.

Проверка эффективности предлагаемой формулы. Были исследованы применения формулы (1) для решения уравнений (2) и (3) схем замещения энергосистем:

а) представляемой в 201 узел (схема предложена ЦДУ ЕЭС СССР);

б) представляемой в 108 узлов (схема замещения Армянской энергосистемы);

в) представляемой 46 узлами (схема замещения Закавказской объединенной энергосистемы).

Указанные схемы после эквивалентирования были заменены n — полюсниками с числом независимых узлов: 151, 97 и 28, соответственно.

Пользуясь формулой (1), были получены следующие значения коэффициентов ускорения итерации при решении уравнений (2):

$$K_{y, 201} = 0,9669 \approx 0,9697; \quad K_{y, 108} = 0,969 \approx 0,9739; \quad K_{y, 46} = \\ = 0,878 \approx 0,906.$$

Первые числа соответствуют первому шагу итерации, а вторые — последнему, соответствующему $\varepsilon_p = \varepsilon_s = 0,1$.

Наибольшие значения K_n соответствуют следующим шагам итерации: $i = 7 - K_n = 0,906$ ($n = 46$); $i = 2 - K_n = 0,9742$ ($n = 108$); $i = 2 - K_n = 0,971$ ($n = 201$).

Кроме значений коэффициента ускорения, полученных по формуле (1), для оценки ее эффективности экспериментально определено число шагов итерации при использовании следующих значений коэффициента ускорения:

$K_{y, 201} = 1 - 2$ через каждые 0,005, а также $K_{y, 201} = 0,925$; $K_{i, 108} = 0,9, 0,925, 1,04$; $K_{i, 46} = 1 - 2$ через каждые 0,05, а также $K_{i, 46} = 0,9, 0,94$.

Экспериментальная проверка показала, что наиболее эффективное сокращение числа шагов итерации достигается при использовании коэффициента ускорения, определяемого формулой (1). Ниже приводится таблица результатов ускорения итерации при достижении точности

$\varepsilon_p = 0,1$ и $\varepsilon_s = 1$; $\varepsilon_p = 0,1$ и $\varepsilon_s = 1$, где $\varepsilon_p = \Delta/\bar{P}$, $\varepsilon_s = \Delta/Q$.

n	$\varepsilon = 0,1$		$\varepsilon = 1$	
	i без ускорен.	i с ускорен.	i без ускорен.	i с ускорен.
201	43	31	26	21
108	15	10	8	8
46	7	7	5	5

Из таблицы видно, что наибольшая эффективность сокращения итерации достигается для схем с большим числом узлов. Заметим, что для схемы $n = 201$ не обеспечивалась сходимость итерации при решениях строчными уравнениями, а для схемы $n = 46$ использование коэффициента ускорения итерации приводит к увеличению точности расчета по сравнению со случаем неиспользования ускорения.

Выводы

1. Для решения уравнений УР энергосистем по отдельным уравнениям (2) и (3) рекомендуется предварительное эквивалентирование схемы и использование коэффициента ускорения, определяемого формулой (1) при решении уравнений (2).

2. Применение коэффициентов ускорения при решении уравнений (3) и K_n , отличающихся от значений по формуле (1), оказалось неэффективным.

3. Расчеты УР с использованием коэффициента ускорения приводят к сокращению времени счета на ЭЦВМ от 20 до 30%, включая незначительное дополнительное увеличение времени счета, связанное с расчетами коэффициентов по формуле (1).

ЕрПИ им. К. Маркса

Поступило 23 II 1980

Հ. Տ. ԱՊՈՆՅ. Է. Գ. ԱԳԵԿԱՆ

ԿԱՅՈՒՆԱՑՎԱԾ ՌԵՃԻՄՆԵՐԻ ՀԱՇՎԱՐԿՆԵՐՈՒՄ ԻՏԵՐԱՑԻԱՅԻ ԱՐԱԳԱՑՈՒՄԸ ՆՅՈՒՏՈՆԻ ՄԻԹՈՒՄՈՎ

Ա մ փ ա փ ու ռ մ

Ըստ բաժանված հավասարումների էներգահամակարգի կայուն սեփիմի հավասարումների լուծման համար առաջարկվում է սխեմայի նախնական էկվիվալենտացում և արագացման գործակցի օգտագործում, որը որոշվում է սեփիմի հարմարության աճերի հավասարումների լուծման ղեկարգում առաջարկված բանաձևով:

Ակտիվ հորսթիլյունների աճերի հավասարումների լուծման դեպքում արագացման գործակիցների և K_y արժեքների օգտագործումը, որոնք տարբերվում են առաջարկված բանաձևով որոշված արժեքներից, հանդիսանում է ոչ էֆեկտիվ: Արագացման գործակցի օգտագործմամբ կայուն սեփիմի հաշվարկները բերում են էՄՀՄ-ի վրա հաշվման ժամանակի 20-ից մինչև 30%-ի կրճատման, ներառյալ հաշվման յրացուցիչ ժամանակի շնչին մեծացումը, որը կապված է ըստ ներկայացված բանաձևի՝ K_y գործակցի հաշվարկի հետ:

ЛИТЕРАТУРА

1. Идельчик В. И. Расчеты установившихся режимов электрических систем. М., «Энергия», 1977.
2. Адоңц Г. Т. Алгоритмы решения уравнений режима электроэнергетической системы. Сб. «Моделирование многомерных систем», вып. 1, изд. Гагаринг. радиотехн. ин-та, 1978.
3. Бахвалов Н. С. Численные методы. М., «Наука», 1975.
4. Житков И. П. Несколько замечаний по поводу обусловленности систем линейных алгебраических уравнений. «Вычислительная математика и математическая физика» М., «Наука», т. 3, 1963. № 5.