

УДК 621.316.11

Т.М. ХАЛИЛ, А.В. ГОРПИНИЧ (канд. техн. наук, доц.)
Государственное высшее учебное заведение
«Приазовский государственный технический университет»
gorpinich@hitline.net.ua

ОПТИМИЗАЦИЯ СЕЧЕНИЙ ПРОВОДНИКОВ В РЕАЛЬНОЙ РАЗВЕТВЛЁННОЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ С ЦЕЛЬЮ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

С помощью селективного метода роя частиц реализован простой и эффективный алгоритм оптимизации сечений проводников в распределительной сети сложной конфигурации. На примере действующей схемы электроснабжения восточной части г. Мариуполя, содержащей 3 подстанции, 37 фидеров, 274 узла нагрузки, 284 ветви и 11 нормально разомкнутых коммутационных аппаратов, показан возможный экономический эффект от внедрения мероприятий по замене сечений проводников.

Ключевые слова: распределительная сеть, замена сечений проводников, сложная многокритериальная нелинейная оптимизация, селективный метод роя частиц, снижение потерь электроэнергии.

Мероприятия по замене сечений проводников на перегруженных по экономическим условиям участках необходимо выполнять с учётом изменения нагрузки во времени, дискретности шкалы сечений проводников, нелинейной зависимости затрат на проводники от их сечения и ряда эксплуатационных ограничений, поэтому в реальной распределительной сети (РС) сложной конфигурации возникает проблема сложной многокритериальной нелинейной оптимизации. Для её решения в последние годы преимущественно используют методы искусственного интеллекта, основанные на математическом описании сложных природных механизмов: метод имитации отжига, генетические алгоритмы, методы эволюционного моделирования, методы нечёткой логики и т.д. [1-4]. Однако эти методы обладают рядом недостатков, наиболее существенными из которых являются сложность определения точного глобального оптимума и значительные вычислительные затраты при оптимизации РС сложной конфигурации. В связи с этим актуальной теоретической и прикладной задачей является разработка простого и эффективного алгоритма сложной многокритериальной нелинейной оптимизации, который позволяет осуществить оптимизацию пропускной способности проводников в реальной разветвлённой РС с большим количеством узлов и выполнить количественную оценку экономического эффекта от её внедрения.

Цель работы – представить алгоритм оптимизации сечений проводников в РС сложной конфигурации, реализованный с помощью селективного метода роя частиц (СМРЧ), и продемонстрировать на примере действующей схемы электроснабжения Орджоникидзевского участка МРЭС г. Мариуполя возможный экономический эффект от внедрения мероприятий по замене сечений проводников с целью снижения потерь электроэнергии (ЭЭ).

СМРЧ был разработан авторами [5, 6] как модификация бинарного МРЧ, которая может быть использована в инженерной практике для поиска оптимальных вариантов в случаях, когда пространство решений состоит из специфических величин, и может рассматриваться как эффективная альтернатива современным методам оптимизации, не требующая высокой алгоритмической сложности. В СМРЧ пространство решений для каждого d -мерного вектора $S_d = [s_{d1}, s_{d2}, \dots, s_{dn}]$ представляет набор из dn позиций, где dn – количество выбранных позиций для d -мерного вектора. Целевая функция в этом случае – выбрать решение из dn позиций каждого d -мерного вектора пространства решений S_d , причём позиция каждой частицы определяется набором выбранных переменных. Сигмоидальная функция имеет такой вид

$$\text{sigmoid}(v_{id}^{k+1}) = dn \frac{1}{1 + \exp(-v_{id}^{k+1})}, \quad (1)$$

а координата i каждой позиции частицы для данного d -мерного вектора является выбранной переменной, обновлять которую можно с помощью выражения

$$x_{id}^{k+1} = \begin{cases} s_{d1}, & \text{если } \text{sigmoid}(v_{id}^{k+1}) < 1 \\ s_{d2}, & \text{если } \text{sigmoid}(v_{id}^{k+1}) < 2 \\ s_{d3}, & \text{если } \text{sigmoid}(v_{id}^{k+1}) < 3 \\ \dots & \dots \\ s_{dn}, & \text{если } \text{sigmoid}(v_{id}^{k+1}) < dn \end{cases}, \quad (2)$$

где $s_{d1}, s_{d2}, s_{d3}, \dots, s_{dn}$ – выбранные переменные в d -мерном векторе.

© Халил Т.М., Горпинич А.В., 2013

Значение скорости ограничивается некоторыми минимальными и максимальными величинами $[V_{\min}, V_{\max}]$ с помощью выражения

$$v_{id}^{k+1} = \begin{cases} V_{\max}, & \text{если } v_{id}^{k+1} > V_{\max} \\ v_{id}^{k+1}, & \text{если } |v_{id}^{k+1}| \leq V_{\max} \\ V_{\min}, & \text{если } v_{id}^{k+1} < V_{\min} \end{cases} \quad (3)$$

Чтобы избежать постоянного значения скорости для каждой итерации и заставить частицу перемещаться в пространстве решений, необходимо использовать выражение:

$$v_{id}^{k+1} = \begin{cases} rand \times v_{id}^{k+1}, & \text{если } |v_{id}^{k+1}| = |v_{id}^k| \\ v_{id}^{k+1} & \text{в другом случае} \end{cases} \quad (4)$$

При оптимизации сечений проводников количество d -мерных векторов будет равно количеству ветвей, а пространство решений – количеству возможных сечений проводников.

Проблему выбора оптимальных сечений проводников в РС можно сформулировать следующим образом: необходимо оптимизировать целевую функцию (выбрать решение, обеспечивающее минимальные ежегодные затраты) с учётом ограничений, накладываемых на уровни напряжения в узлах сети, максимально допустимую пропускную способность проводников, величину потерь активной мощности и потерь ЭЭ.

$$F = K^{\text{п}} \Delta P_{\max} + K^{\text{э}} \sum_{l=1}^L \Delta P_l T_l + \sum_{b=1}^B K_b^{\text{пр}} L_b; \quad (5)$$

$$\Delta P_l = \sum_{h=1}^H \sum_{b=1}^B \Delta P_b^h; \quad (6)$$

$$U_{j\min} \leq |U_j| \leq U_{j\max}; \quad (7)$$

$$I_b \leq I_{b\max}; \quad (8)$$

где F – функция ежегодных затрат, USD; $K^{\text{п}}$ – эквивалентная ежегодная стоимость потерь активной мощности, USD/кВт; ΔP_l и ΔP_{\max} – соответственно суммарные потери активной мощности при уровне нагрузки l и в режиме максимальных нагрузок, кВт; L – количество уровней нагрузки; ΔP_b^h – потери активной мощности в ветви b на частоте h -й гармоники, кВт; H – номер последней из учитываемых гармоник; B – количество ветвей; $K^{\text{э}}$ – эквивалентная ежегодная стоимость потерь ЭЭ, USD/кВт·ч; T_l – продолжительность уровня нагрузки l , ч; $K_b^{\text{пр}}$ – ежегодные затраты на проводники, USD/км; L_b – длина проводника ветви b , км; J – количество узлов; U_j – напряжение в узле j , о.е.; $U_{j\min}$ и $U_{j\max}$ – соответственно минимально и максимально допустимое среднеквадратическое значение напряжения в узле j , о.е.; I_b – ток в ветви b , А; $I_{b\max}$ – максимально допустимый ток для проводника данного типа, А.

Продемонстрируем эффективность предложенного алгоритма оптимизации сечений проводников на примере действующей однолинейной схемы электроснабжения Орджоникидзевского участка МРЭС г. Мариуполя, содержащей 3 подстанции, 37 фидеров, 274 узла нагрузки, 284 ветви и 11 нормально разомкнутых коммутационных аппаратов (НРКА) (рис. 1). При моделировании были приняты следующие допущения, для подтверждения и уточнения которых в рассматриваемой сети 6 кВ были проведены длительные измерения с помощью прибора Fluke 435, выполненные на 4 присоединениях подстанции "Город-4" с максимальными потерями электроэнергии и отклонениями напряжения.

1. Полученное в результате измерений на шинах подстанции "Город-4" среднее значение напряжения составило 6,35 кВ (около 1,06 о.е. по отношению к номинальному), поэтому условие (7) при моделировании не учитывалось, чтобы сравнить минимальные значения напряжения в узлах до и после оптимизации.

2. Нагрузка симметричная, а уровни 3-й, 5-й и 7-й гармоник напряжения на шинах подстанций составляют 1,5 %, 3,5 % и 1,5 % соответственно (коэффициент искажения синусоидальности напряжения равен 3,9 %).

3. Изменение нагрузки во времени учитывается в виде режимов минимальных, средних и максимальных нагрузок, поэтому в каждом узле рассматриваются три уровня нагрузки ($L = 3$) в процентах от номинальной мощности трансформаторов 6/0,4 кВ – 26 %, 49 % и 91 % соответственно. В течение года (8760 ч) интервалы T_l минимальных, средних и максимальных нагрузок составляют 1752 ч, 5256 ч и 1752 ч соответственно.

4. Коэффициент мощности равен 0,85.

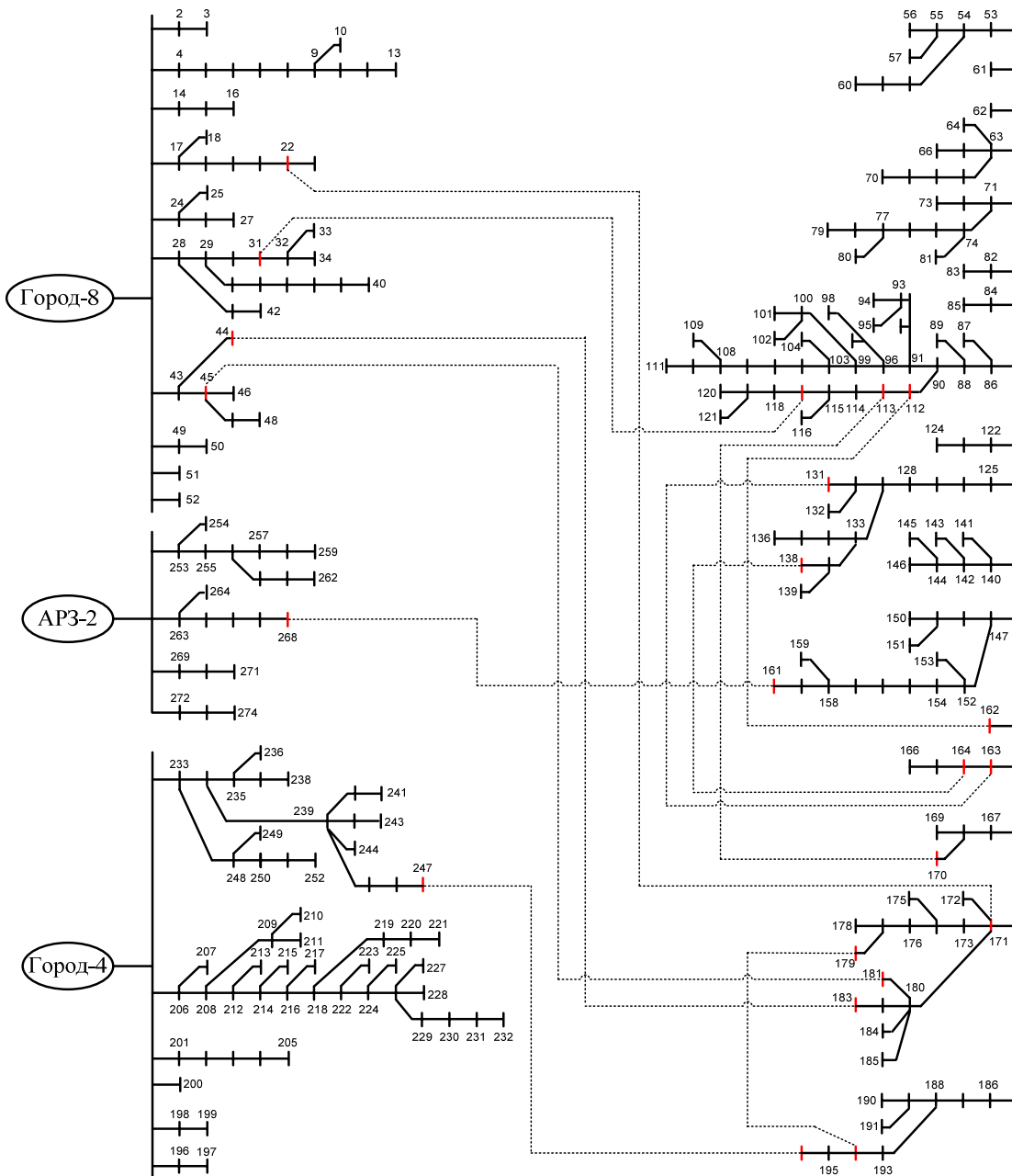


Рисунок 1 – Упрощённая реальная однолинейная схема электроснабжения Орджоникидзевского участка МРЭС г. Мариуполя

5. Параметры кабельных линий (КЛ) приведены в табл. 1, параметры воздушных линий (ВЛ) – в табл. 2. Затраты на проводники приняты при допущении о 10-летнем ожидаемом сроке службы. Только лишь для 8 ветвей рассматриваемой схемы отсутствует информация о параметрах КЛ, поэтому при расчёте потокораспределения было принято, что для них $R = 0,125 \text{ Ом/км}$, $X = 0,071 \text{ Ом/км}$, а длина составляет 1 км.

6. С учётом 11 НРКА количество ветвей, в которых возможна замена сечений проводников, составляет 258. В 15 исключённых из рассмотрения ветвей входит 8 ветвей без информации о параметрах КЛ и 7 – с очень маленькой длиной.

7. Существует два типа d -мерных векторов – для КЛ и для ВЛ. В первом случае их количество равно 169, во втором – 89. Пространство решений в обоих случаях равно 6 (количеству возможных сечений в табл. 1 и 2).

8. Эквивалентная ежегодная стоимость потерь активной мощности принята равной $K^{\Pi} = 168 \text{ USD/кВт}$.

9. Эквивалентная ежегодная стоимость потерь ЭЭ принята равной $K^{\exists} = 0,035 \text{ USD/кВт}\cdot\text{ч}$.

Таблица 1 – Параметры КЛ

Тип КЛ	Сечение, мм ²	Активное сопротивление R , Ом/км	Индуктивное сопротивление X , Ом/км	Затраты K_b^{np} , USD/км	Максимально допустимый ток $I_{b\max}$, А
1	70	0,443	0,08	1000	180
2	95	0,32	0,078	1237,5	213
3	120	0,253	0,076	1412,5	243
4	150	0,206	0,074	1637,5	275
5	185	0,164	0,073	1900	307
6	240	0,125	0,071	2350	351

Таблица 2 – Параметры ВЛ

Тип ВЛ	Сечение, мм ²	Активное сопротивление R , Ом/км	Индуктивное сопротивление X , Ом/км	Затраты K_b^{np} , USD/км	Максимально допустимый ток $I_{b\max}$, А
1	35	0,9	0,4	187,5	175
2	50	0,65	0,39	250	210
3	70	0,46	0,38	350	265
4	95	0,33	0,37	487,5	330
5	120	0,27	0,36	725	390
6	150	0,21	0,35	825	450

В табл. 3 представлены суммарные потери мощности, потери ЭЭ и потребляемая мощность при разных уровнях нагрузки, полученные до оптимизации с учётом принятых выше допущений. В режиме максимальных нагрузок суммарная потребляемая мощность составляет 62924,32 кВт, причём 91,6 % этой мощности идёт на удовлетворение нужд потребителей (включая потери мощности в сети 0,4 кВ и потери мощности в трансформаторах 6/0,4 кВ, которые в предложенном алгоритме не учитываются), а 7,4 % составляют потери мощности в проводниках. С другой стороны, поставляемая потребителям за год ЭЭ при трёх уровнях нагрузки равна 319826548,4 кВт·ч, а потери ЭЭ в проводниках за год равны 5 %. В режиме максимальных нагрузок минимальное значение напряжения в узлах до оптимизации составило 0,79 о.е., несмотря на то что на шинах подстанции в результате измерений было получено значение 6,35 кВ (около 1,06 о.е. по отношению к номинальному).

Таблица 3 – Суммарные потери мощности, потери ЭЭ и потребляемая мощность до оптимизации

Наименование	В режиме минимальных нагрузок	В режиме средних нагрузок	В режиме максимальных нагрузок
Потребляемая мощность, кВт	17978,35	33882,28	62924,23
Продолжительность уровня нагрузки, ч	1752	5256	1752
Потребляемая ЭЭ, кВт·ч	31498069	178085237	110243242
Потребляемая ЭЭ за год, кВт·ч	319826548,4		
Потери мощности, кВт	378,52	1344,43	4637
Потери ЭЭ, кВт·ч	663159,9	7066315,8	8123988,2
Потери ЭЭ за год, кВт·ч	15853464		

В табл. 4 и 5 приведены результаты выбора оптимальных сечений проводников, в табл. 6 – технико-экономические показатели рассматриваемой схемы до и после оптимизации. Как следует из табл. 6, после оптимизации напряжение в узлах улучшилось (в режиме максимальных нагрузок минимальное значение напряжения в узлах составило 0,893 о.е., в то время как до оптимизации оно составляло 0,79 о.е.), потери мощности снизились с 7,4 % до 4,3 %, а потери ЭЭ – с 5 % до 2,9 %. Даже несмотря на значительную стоимость проводников (инвестиционные расходы при допущении о 10-летнем ожидаемом сроке службы проводников составляют 2137363 USD), годовая экономия от внедрения мероприятий по замене сечений проводников равна 559726,65 USD, срок окупаемости – 3,82 лет, а суммарная экономия за остаточный период после момента окупаемости проекта – 3459903,5 USD. Следует также отметить, что оценка экономического эффекта выполнена без учёта стоимости существующих проводников до оптимизации. Таким образом, при проведении комплексной реконструкции РС одна только замена сечений проводников позволяет получить значительный экономический эффект за счёт сопутствующего снижения потерь мощности и ЭЭ, а также улучшить качество напряжения.

Таблица 4 – Результаты выбора оптимальных сечений КЛ

Ветвь	Тип до оптимизации	Тип после оптимизации
1	6	4
3, 16, 23	6	6
50, 51, 195, 197	6	1
59	6	2
10, 139, 262	5	5
17, 108	5	2
24, 265	5	3
41, 253, 263	5	1
48, 62, 70, 186, 232, 233, 238, 247, 252	5	6
4, 5	4	6
19, 271	4	5
25, 61	4	3
82	4	2
161	4	1
2, 14, 15, 32, 45, 46, 129, 181, 202	3	3
6, 8, 179	3	6
9, 12, 26, 43, 78, 91, 130, 137, 165, 190, 248	3	2
11, 20-22, 49, 147, 148, 166, 201, 264, 272	3	4
18, 44, 244, 249	3	5
47, 84, 121, 122, 131, 145, 171, 180, 183, 243	3	1
28, 73, 153, 154, 156, 157, 254, 255	2	6
30, 66, 74, 172, 256	2	5
33, 118, 134, 136, 234, 250, 260, 266	2	3
58, 69, 135, 184, 194, 240, 246, 251	2	2
67, 75, 76, 117, 159, 160, 164, 167, 188, 192, 193, 245, 257, 259	2	4
123, 182, 189, 236, 237, 261, 267	2	1
36, 71, 173	1	4
52	1	6
54, 113	1	5
57, 64, 72, 133, 204, 239, 241	1	3
65, 80, 235	1	1
68, 152	1	2

Таблица 5 – Результаты выбора оптимальных сечений ВЛ

Ветвь	Тип до оптимизации	Тип после оптимизации
13, 90, 95, 98, 102	2	6
37, 86, 106, 107, 219	2	4
88, 93, 100, 101, 103, 110, 115, 206, 220, 222	2	2
92, 109, 119, 144	2	3
94, 96, 140, 142, 149, 150, 226	2	1
104, 105, 228	2	5
27, 81, 185, 207, 211, 215, 217	4	6
83, 224	4	2
218	4	4
29, 34, 127, 132	1	6
38, 175, 176, 229, 230	1	4
39, 273	1	3
120, 174, 178, 231, 258	1	2
128	1	5
177	1	1
40, 143	3	3
56, 97, 169, 209, 212, 214, 216, 242	3	2
87, 89, 111, 112, 114, 125, 170, 213, 221	3	6
141, 208	3	4
210	3	1
227	5	2
223, 225	6	6

Таблица 6 – Технично-экономические показатели схемы до и после оптимизации

Показатель	До оптимизации	После оптимизации
Минимальное значение напряжения в узлах, о.е.	0,79	0,893
Максимальное значение напряжения в узлах, о.е.	1,06	1,06
Суммарные потери мощности, кВт	4637	2691,2
Суммарные потери ЭЭ за год, кВт·ч	15853464	9200991,4
Суммарные потери мощности, %	7,4	4,3
Суммарные потери ЭЭ за год, %	5	2,9
Стоимость потерь мощности, USD/год	779012,57	452122,46
Стоимость потерь ЭЭ, USD/год	554871,24	322034,7
Затраты на проводники, USD/год	0	213736,3
Суммарные затраты, USD/год	1333883,8	987893,5
Экономический эффект, USD/год	0	345990,4
Экономический эффект, %	0	25,9
Инвестиционные расходы за 10 лет, USD		2137363
Снижение потерь мощности, кВт		1945,8
Снижение потерь ЭЭ за год, кВт·ч		6652472,6
Снижение потерь мощности, USD		326890,11
Снижение потерь ЭЭ за год, USD		232836,54
Годовая экономия, USD		559726,65
Срок окупаемости, лет		3,82
Остаточный период после момента окупаемости проекта, лет		6,18
Суммарная экономия за остаточный период, USD		3459903,5

Выполненные исследования позволяют сделать следующие **выводы**. 1. С помощью СМРЧ реализован простой и эффективный алгоритм оптимизации сечений проводников в реальной разветвленной РС с большим количеством узлов.

2. На примере действующей однолинейной схемы электроснабжения Орджоникидзевского участка МРЭС г. Мариуполя, содержащей 3 подстанции, 37 фидеров, 274 узла нагрузки, 284 ветви и 11 НРКА показано, что при проведении комплексной реконструкции одна только замена сечений проводников позволяет получить значительный экономический эффект за счёт сопутствующего снижения потерь мощности и ЭЭ (как следствие, и затрат на развитие и эксплуатацию РС), а также позволяет улучшить качество напряжения в узлах нагрузки.

3. Для подтверждения и уточнения принятых при моделировании исследуемой схемы допущений в сети 6 кВ были проведены длительные измерения с помощью прибора Fluke 435, выполненные на 4 присоединениях подстанции "Город-4" с максимальными потерями электроэнергии и отклонениями напряжения.

4. Представляется целесообразным осуществить в рассматриваемой сети 6 кВ совместную оптимизацию конфигурации, мест установки и мощности батарей конденсаторов, пропускной способности проводников и качества напряжения и оценить экономический эффект от комплексного внедрения мероприятий по снижению потерь ЭЭ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Optimization of electrical distribution feeders using simulated annealing / V. Parada, J. A. Ferland, M. Arias, K. Daniels // IEEE Transactions on Power Delivery. – 2004. – Vol. 19. – No. 3. – P. 1135 – 1141.
2. Thenepalle M. A comparative study on optimal conductor selection for radial distribution network using conventional and genetic algorithm approach / M. Thenepalle // International Journal of Computer Applications (IJCA). – 2011. – Vol. 17. – No. 2. – P. 6 – 13.
3. Optimal conductor size selection in radial power distribution systems using evolutionary strategies / F. Mendoza, D. Requena, J. L. Bernal-Agustin, J. A. Dominguez-Navarro // Proc. 3rd IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exposition: Latin America (T&D-LA 2006). – 15-18 August 2006. – Caracas (Venezuela). – P. 1 – 5.
4. A novel method for optimal conductor selection of radial distribution feeders using fuzzy evolutionary programming / M. Sreedhar, N. Visali, S. Sivanagaraju, V. Sankar // International Journal of Electrical and Power Engineering. – 2008. – Vol. 2. – No. 1. – P. 6 – 10.
5. Khalil T. M. Selective particle swarm optimization / T. M. Khalil, A. V. Gorpnich // International Journal of Multidisciplinary Sciences and Engineering (IJMSE). – 2012. – Vol. 3. – No. 4. – P. 1 – 4.
6. Khalil T. M. Reconfiguration for loss reduction of distribution systems using selective particle swarm optimization / T. M. Khalil, A. V. Gorpnich // International Journal of Multidisciplinary Sciences and Engineering (IJMSE). – 2012. – Vol. 3. – No. 6. – P. 16 – 21.

REFERENCES

1. Parada V., Ferland J.A., Arias M., Daniels K. Optimization of electrical distribution feeders using simulated annealing. *IEEE Transactions on Power Delivery*. 2004; 19(2): 1135-1141.
2. Thenepalle M. A comparative study on optimal conductor selection for radial distribution network using conventional and genetic algorithm approach. *International Journal of Computer Applications (IJCA)*. 2011; 17(2): 6-13.
3. Mendoza F., Requena D., Bernal-Agustin J.L., Dominguez-Navarro J.A. Optimal conductor size selection in radial power distribution systems using evolutionary strategies. *3rd IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exposition: Latin America (T&D-LA 2006)*. Caracas (Venezuela). 2006; 1-5.
4. Sreedhar M., Visali N., Sivanagaraju S., Sankar V. A novel method for optimal conductor selection of radial distribution feeders using fuzzy evolutionary programming. *International Journal of Electrical and Power Engineering*. 2008; 2(1): 6-10.
5. Khalil T.M., Gorpnich A.V. Selective particle swarm optimization. *International Journal of Multidisciplinary Sciences and Engineering (IJMSE)*. 2012; 3(4): 1-4.
6. Khalil T.M., Gorpnich A.V. Reconfiguration for loss reduction of distribution systems using selective particle swarm optimization. *International Journal of Multidisciplinary Sciences and Engineering (IJMSE)*. 2012; 3(6): 16-21.

Надійшла до редакції 20.03.2013

Рецензент: Е.Г. Курінний

Т. М. ХАЛІЛ, О. В. ГОРПИНИЧ

Державний вищий навчальний заклад «Приазовський державний технічний університет»

Оптимізація перетинів провідників у реальній розгалуженій розподільній мережі з метою зменшення втрат електроенергії. За допомогою селективного методу рою частинок реалізовано простий та ефективний алгоритм оптимізації перетинів провідників у розподільній мережі складної конфігурації. На прикладі діючої схеми електропостачання східної частини г. Маріуполя, яка містить 3 підстанції, 37 фідерів, 274 вузли навантаження, 284 гілки та 11 нормально розімкнених комутаційних апаратів, показано можливий економічний ефект від впровадження заходів щодо заміни перетинів провідників.

Ключові слова: розподільна мережа, заміна перетинів провідників, складна багатокритеріальна нелінійна оптимізація, селективний метод рою частинок, зменшення втрат електроенергії.

T. KHALIL, A. GORPINICH

State Institution of Higher Education «Pryazovskyi State Technical University»

Optimization of Conductor Sizes in a Real Multibranch Distribution Network for Energy Losses Reduction. A simple and effective algorithm applying the selective particle swarm optimization to optimal conductor size selection in the large-scale distribution network is realized. Selective particle swarm optimization is a simple modification of the binary particle swarm optimization to search in a selected space. Before applying it to any problem, the specifying the number of dimensions and finding the search space for each dimension are needed. In reconductoring problem, the number of dimensions equals to the number of candidate branches whereas the search space for each dimension is a set of conductor standard sizes. The objective function is formulated to minimize the total cost of losses and investments, with constraints including the minimum and maximum limits of bus voltages and the maximum allowable current for each selected conductor. The annual benefits are obtained from the savings produced by reduction of energy losses and avoiding the costs due to investment deferral in the expansion of network which can be verified as a reduction of maximum power. To present economic benefits from reconductoring, the single line diagram of practical distribution network supplying the eastern part of city Mariupol is used. It contains 3 substations, 37 feeders, 274 buses, 284 branches and 11 normally open switches. Before starting network simulation, the main data and assumptions were approved by measurements on four feeders with highest power losses and voltage drop. In addition to the voltage profile improvement, simulation results indicated the positive economic benefits from reconductoring. After optimization of conductor sizes, the voltage profile was improved from 0.79 p.u. to 0.893 p.u., power and energy losses were reduced from 7.4 % to 4.3 % and from 5 % to 2.9 %, respectively. In spite of high cost of conductors (the investment cost is equal to \$2137363 assuming the 10-years lifetime for new selected conductors), the annual saving from reconductoring is equal to \$559726.65, the payback period is equal to 3.82 years and the total saving for all project is equal to \$3459903.5 when considering the cost of both power and energy losses reduction. It should be noted that the economic evaluation is based on the cost of losses and selected conductors whereas the price of old conductors is ignored. Future work on combined reconfiguration, capacitor placement and reconductoring of this network is recommended.

Key words: distribution network, reconductoring, complicated multi-objective nonlinear optimization, selective particle swarm optimization, energy losses reduction.