



Идентификатор выступления: 6

Тип: не указан

РЕКОНФИГУРАЦИЯ ПЕРВИЧНОЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ / RECONFIGURATION OF THE PRIMARY DISTRIBUTION NETWORK

РЕКОНФИГУРАЦИЯ ПЕРВИЧНОЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

Голуб И.И., Войтов О.Н., Семенова Л.Н., Болоев Е.В.

ИСЭМ СО РАН, Иркутск, Россия

Распределительные сети (РС) – это последнее звено, связывающее производство электроэнергии с ее передачей конечному потребителю. Первичные РС получают питание от подстанций, связывающих высокое и среднее напряжения, и характеризуются радиальной или слабозамкнутой конфигурацией, но благодаря присутствию в разных местах между фидерами нормально разомкнутых линейных выключателей (ЛВ), они работают как разомкнутые.

Известно, что большая часть потерь энергии в электроэнергетической системе (ЭЭС) происходит в РС. Эти потери составляют 10-13 % от всей произведенной электроэнергии. Кроме ЛВ в РС существуют и нормально замкнутые секционные выключатели (СВ), которые могут отключать одну из секций фидера. Замыкание ЛВ и размыкание соответствующего СВ позволяет получить новую радиальную конфигурацию РС. Такая операция, называемая реконфигурацией (РК), позволяет не только повысить надежность электроснабжения, но и получить снижение потерь энергии, а следовательно, и энергии, потребляемой из питающей сети, токов в ветвях, потерь напряжения в РС, а при наличии в сети возобновляемой генерации (ВГ), более полное ее использование.

В мире для решения проблемы РК разработано множество алгоритмов и постоянно предлагаются новые алгоритмы и критерии РК, новые условия и ограничения. Наибольшее применение для различных критериев РК нашли эвристические оптимизационные алгоритмы [1-6], такие алгоритмы, как генетические, поиска с запретами, колонии муравьев, поиска гармонии, оптимизации роя частиц. Однако трудоемкость современных эвристических алгоритмов затрудняет их использование в реальном времени, особенно для систем большой размерности. Кроме допустимости узловых напряжений и токов в секциях фидеров, важнейшим ограничением в эвристических алгоритмах, которое должно учитываться в процессе РК, является сохранение радиальности топологии РС.

В алгоритме РК [7] по критерию минимизации потерь мощности, использование включенных в программу расчета установившегося режима алгоритмов построения максимального покрывающего дерева и определения ветвей независимых контуров по их хордам, проверка радиальности сети не требуется. Основная идея состоящего из двух шагов алгоритма заключается в обеспечении в разомкнутой сети потерь мощности, близких к потерям мощности в замкнутой сети, что возможно, если сумма токов в хордах максимального покрывающего дерева минимальна.

Использование алгоритма [7] для различных тестовых схем РС показало, что РК должна следовать за изменением нагрузок и генераций, поскольку потери мощности при оптимальной конфигурации, выбранные для одних условий, не будут оптимальными во всем диапазоне изменения узловых мощностей. Было показано также [8], что наличие ВГ оказывает большее влияние на снижение потерь, чем РК, однако при введении ВГ число переключений при РК существенно возрастает. Поскольку большое число переключений может привести к тому, что стоимость переключений будет сопоставима или будет превышать стоимость снижения потерь энергии при РК, был получен вывод о том, что РК целесообразна, если стоимость переключений ниже, чем снижение стоимости потерь энергии при РК.

Показана также возможность выбора такой конфигурации, при которой потери энергии в течение

суток будут близки к суточным потерям при оптимальной часовой РК. Эта идея была распространена на выбор постоянной конфигурации РС [9], при которой для недели с максимальной нагрузкой и недели с минимальной нагрузкой потери энергии будут близки к потерям при оптимальной часовой РК. Показано, что алгоритм РК, идеально подходит для определения ЛВ, используемых для восстановления электроснабжения при аварийном отключении любого из СВ, а ЛВ могут быть заменены на удаленно управляемые.

В предыдущих работах авторов, связанных с проблемой РК, полагалось наличие в РС единственного источника питания, что не характерно для РС, фидеры которых получают питание от нескольких источников. Однако, если некоторые фидеры РС получают питание, на-пример, от двух источников, то алгоритм построения связанного дерева не позволяет идентифицировать фидеры с двухсторонним питанием как контуры и выделить в них хорды, соответствующие ЛВ.

Решение этой проблемы получено в предлагаемой работе. В ней проиллюстрирована также ранее не анализируемая возможность РК, позволяющей не только уменьшить потери в целом по сети, но и изменением числа узлов в фидерах выровнять нагрузки и потери мощности в фидерах. Показана возможность использования алгоритма РК для анализа надежности электроснабжения нагрузок, при аварийном отключении не только любого из СВ, но и любого из фидерных выключателей, а также для выделения на схеме сети подсистем деревьев, нагрузки которых не имеют резервного источника питания.

Литература

1. Kavousi-Fard, A. Intelligent stochastic framework to solve the reconfiguration problem from the reliability view / A. Kavousi-Fard, T. Niknam, M.H. Khooban // IET Science, Measurement & Technology. 2014. Vol. 8 (5). P. 245-259.
2. Bernardon, D. Real-time reconfiguration of distribution network with distributed generation / D. Bernardon, A.P. Carboni de Mello, L. Pfitscher // Electric Power Systems Research. 2014. Vol. 107. P. 59-67.
3. Guimaraes, M.A.N. Distribution systems operation optimisation through reconfiguration and capacitor allocation by a dedicated genetic algorithm / M.A.N. Guimaraes, C.A. Castro, R. Romero // IET Generation, Transmission & Distribution. 2010. Vol. 4 (11). P. 1213-1222.
4. Junior, B.R.P. Multiobjective multistage distribution system planning using tabu search / B.R.P. Junior, A. M. Cossi, J. Contreras, J.R.S. Mantovani // IET Generation, Transmission & Distribution. 2014. Vol. 8(1). P. 35-45.
5. Abdelaziz, A.Y. Reconfiguration of distribution systems for loss reduction using the hyper-cube ant colony optimization algorithm / A.Y. Abdelaziz, R.A. Osama, S.M. El-Khodary // IET Generation, Transmission & Distribution. 2012. Vol. 6 (2). P. 176-187.
6. Kavousi-Fard, A. Multi-objective probabilistic distribution feeder reconfiguration considering wind/power plants / A. Kavousi-Fard, T. Niknam, A. Khosravi // International Journal of Electrical Power & Energy Systems. 2014. Vol. 55. P. 680-691.
7. Golub, I.I. Method of Distribution Network Reconfiguration at Daily Operation Scheduling / O.N. Voitov, I.I. Golub, L.V. Semenova, E.V. Boloev // Acta Energetica. 2017. Vol. 31(2). P. 57-62.
8. Golub, I.I. Reconfiguration of Distribution Network with Renewable Generation / O.N. Voitov, I.I. Golub, L.V. Semenova, E.V. Boloev // Energy Systems Research. 2018. Vol. 1 (1). P. 74-83.
9. Golub, I. Minimizing the number of remotely controlled switches when the planning there configuration of a primary distribution network / I. Golub, O. Voitov, E. Boloev, L. Semenova // E3S Web of Conferences. Rudenko International Conference «Methodological problems in reliability study of large energy systems» (RSES 2018) E3S Web of Conferences. 2018. Vol. 58. 7 p.

RECONFIGURATION OF THE PRIMARY DISTRIBUTION NETWORK

Golub I.I., Voitov O.N., Semenova L.V., Boloev E.V.

ESI SB RAS, Irkutsk, Russia

Distribution networks (DN) are the last link between the production of electricity and its transfer to the final consumer. Primary DC receive power from substations that connect high and medium voltages, are characterized by radial or weakly closed configuration, however owing to normally open tie switches (TS) between feeders, they operate as open.

Most of the energy losses in the electric power systems are known to occur in DN. These losses make up 10-13 % of all the generated electric energy. Apart from the normally open TS, there are normally closed sectionalizing switches (SS) that can disconnect one of the feeder sections. Closing of a TS and opening of a respective SS allow us to obtain a new radial configuration of the DN. Such a procedure called as reconfiguration (RC) enables us not only to enhance power supply reliability but also to reduce energy losses and hence energy consumed from supply network, currents in tie lines, voltage losses in DN, and, moreover, more fully involve renewable generation (RG) in the case it is used in the network.

In the world, many algorithms have been developed to solve the problem of RC, new algorithms and criteria for RC, new conditions and limitations are constantly being proposed. The greatest use for various RC criteria was found by heuristic optimization algorithms [1-6], such as genetic, tabu search, ant colony, harmony search, and particle swarm optimization algorithm. However, the complexity of present-day heuristic algorithms hinders

their use in real time, this especially concerns large systems. Besides the admissibility of nodal voltages and currents in the feeder sections to be considered during RC the radial topology including all the nodes of the DN is the main constraint for application of heuristic algorithms.

In the algorithm of RC [7] by the active power loss minimization criterion the use of algorithms to construct a maximum spanning tree and to determine branches of the independent loops by their chords, which are included in the steady state calculation program, excludes the need to trace the network radiality. The basic idea of the two-step algorithm is to achieve that the power losses in the open network should be close to those in the closed network. Such a condition is shown to be met, if the spanning tree with a minimum sum of currents in the chords is found in a closed network.

The use of the algorithm [7] for various test schemes of the DN showed that the RC should follow the change of loads and generations, since the power losses at the optimal configuration chosen for one of the conditions will not be minimal within the whole range of change in the load curve. It has been shown [8] that RG has a greater influence on losses than the network RC, but availability of RG results in increase of the total number of switchings for the daily RC. A great number of switchings can lead to a switching cost commensurate with or exceeding the cost of reducing energy losses at RC. It allows the conclusion that RC will be expedient, if the cost of switching is lower than the cost of daily energy losses.

The possibility of choosing such a configuration was also shown, in which the energy losses during the day will be close to the daily losses at the optimal hourly RC. This idea was extended to the choice of a permanent PC configuration [9], in which for a week with a maximum load and a week with a minimum load, the energy loss would be close to that of the optimal hourly RC. It was shown that the RC algorithm ideally suits for determination of TS used for power supply recovery in case of emergency opening of a SS.

In previous works of the authors related to the problem of RC, it was assumed that the DN has a single power source, which is not typical for real DN, whose feeders receive power from several sources. However, if some feeder of the DN is powered, for example, from two power sources the algorithm of constructing a maximum spanning tree does not allow identifying such a feeder as a loop and selecting a chord in it that corresponds to TS.

The solution to this problem was obtained in the proposed paper. It illustrates also that RC makes it possible to reduce the power losses in the whole network and to balance the total loads and power losses in feeders by changing the number of nodes in them, which has not been analyzed earlier. The RC algorithm can also be applied to analyze the power supply reliability at an emergency outage of any SS, as well as any circuit breaker, and to determine the subsystems of trees in the network scheme without reserve power supply.

References

1. Kavousi-Fard, A. Intelligent stochastic framework to solve the reconfiguration problem from the reliability view / A. Kavousi-Fard, T. Niknam, M.H. Khooban // IET Science, Measurement & Technology. 2014. Vol. 8 (5). P. 245-259.
2. Bernardon, D. Real-time reconfiguration of distribution network with distributed generation / D. Bernardon, A.P. Carboni de Mello, L. Pfitscher // Electric Power Systems Research. 2014. Vol. 107. P. 59-67.
3. Guimaraes, M.A.N. Distribution systems operation optimisation through reconfiguration and capacitor allocation by a dedicated genetic algorithm / M.A.N. Guimaraes, C.A. Castro, R. Romero // IET Generation, Transmission & Distribution. 2010. Vol. 4 (11). P. 1213-1222.
4. Junior, B.R.P. Multiobjective multistage distribution system planning using tabu search / B.R.P. Junior, A. M. Cossi, J. Contreras, J.R.S. Mantovani // IET Generation, Transmission & Distribution. 2014. Vol. 8(1). P. 35-45.
5. Abdelaziz, A.Y. Reconfiguration of distribution systems for loss reduction using the hyper-cube ant colony optimization algorithm / A.Y. Abdelaziz, R.A. Osama, S.M. El-Khodary // IET Generation, Transmission & Distribution. 2012. Vol. 6 (2). P. 176-187.
6. Kavousi-Fard, A. Multi-objective probabilistic distribution feeder reconfiguration considering wind/power plants / A. Kavousi-Fard, T. Niknam, A. Khosravi // International Journal of Electrical Power & Energy Systems. 2014. Vol. 55. P. 680-691.
7. Golub, I.I. Method of Distribution Network Reconfiguration at Daily Operation Scheduling / O.N. Voitov, I.I. Golub, L.V. Semenova, E.V. Boloev // Acta Energetica. 2017. Vol. 31(2). P. 57-62.
8. Golub, I.I. Reconfiguration of Distribution Network with Renewable Generation / O.N. Voitov, I.I. Golub, L.V. Semenova, E.V. Boloev // Energy Systems Research. 2018. Vol. 1 (1). P. 74-83.
9. Golub, I. Minimizing the number of remotely controlled switches when the planning there configuration of a primary distribution network / I. Golub, O. Voitov, E. Boloev, L. Semenova // E3S Web of Conferences. Rudenko International Conference «Methodological problems in reliability

Первый автор: Prof. GOLUB, Irina (ESI SB RAS)

Соавторы: VOITOV, Oleg; SEMENOVA, Ludmila; BOLOEV, Evgeny

Докладчик: Prof. GOLUB, Irina (ESI SB RAS)

Классификация сессий: Session 1. Towards Intelligent energy systems.

Классификация направления: Towards Intelligent energy systems / Трансформирующиеся интеллектуальные энергетические системы