

УДК 620.9.001.5

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА РАБОТЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ С АКТИВНО-АДАПТИВНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

Ю.П. Кубарьков, Я.В. Макаров, К.А. Солдаткина

Самарский государственный технический университет
Россия, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

Аннотация. Как правило, электроснабжение потребителей обеспечивается от собственных источников электроэнергии или от имеющихся электрических сетей. Поэтому важной задачей является разработка мер для поддержания качества электрической энергии на шинах конечного потребителя. Распределенное производство электроэнергии предполагает строительство дополнительных источников электрической энергии в непосредственной близости от потребителей. В настоящее время основными интересами потребителей являются возможности резервирования за счет экономии уменьшения расходов, увеличенный КПД совместной генерации тепла и электроэнергии. Различные энергетические компании начали активнее полагаться на уже имеющуюся поддержку от источников распределенной генерации во время пиковых нагрузок, на применение собственных мощностей для уменьшения потерь и совершенствования параметров работы сети. Альтернативная генерация может стать дополнительным источником активной мощности. На объекты распределенной генерации в настоящее время в России приходится порядка семи процентов от всего объема выработки электрической энергии. Этот показатель в два раза меньше, чем показатели мирового масштаба, но как явление распределенная генерация уже состоялась в России, и эта отрасль активно развивается. Значительный износ основных средств в энергетических комплексах, большая аварийность, плановые и внеплановые отключения являются одними из весомых проблем энергетической сферы России. Возобновляемая энергетика является направлением альтернативной энергетики, которое основано на применении практически неисчерпаемых ресурсов для выработки электроэнергии (солнечной, ветряной, речной, морской, геотермальной и др.). У возобновляемой энергетики есть как преимущества, так и недостатки. Газовая распределенная генерация является наиболее эффективной технологией энергетики. Популярность распределенной генерации, внедрение «умных» сетей имеют много предпосылок. Выгоды, которые получает владелец распределенной генерации, очевидны.

Ключевые слова: потери мощности, распределенная генерация, стабильность напряжения, газовая распределенная генерация, параметры работы сети, возобновляемая энергетика.

Введение

Новые технологии, такие как распределенная генерация, в последнее время активно внедряются в электрические сети [1].

Кубарьков Юрий Петрович (д.т.н., доц.), профессор кафедры «Электрические станции».

Макаров Ярослав Викторович, старший преподаватель кафедры «Электрические станции».

Солдаткина Кристина Анатольевна, аспирант.

Распределенное производство электроэнергии – строительство распределительных сетей и источников энергии – подразумевает наличие определенного количества потребителей, которые производят электроэнергию на собственные нужды, а помимо этого направляют лишнее в общую электрическую или тепловую сеть.

Промышленно развитые страны осуществляют производство большей части электрической энергии централизованно, на больших электростанциях (тепловых, электростанциях, гидроэлектростанциях) [2]. Наиболее мощные электростанции имеют отличные экономические данные и обычно производят передачу электроэнергии на значительные расстояния. Места строительства многих из них объясняются множеством экономических, географических, экологических факторов, а также мерами безопасности и требованиями охраны окружающей среды.

Распределенное производство электроэнергии представляет собой строительство дополнительных источников электрической энергии вблизи от потребителей. Нагрузка такого рода источников определяется с учетом ожидаемой мощности потребителей, имеющихся ограничений (технологических, правовых, экологических и т. д.) и может изменяться в больших пределах (от двух-трех до сотен киловатт). При этом потребители не отключаются от общей электрической сети [3].

На объекты распределенной генерации в настоящее время в России приходится порядка семи процентов от всего объема выработки электрической энергии. Этот показатель в два раза меньше, чем показатели мирового масштаба, но как явление распределенная генерация уже состоялась в России, и эта отрасль активно развивается. Значительный износ основных средств в энергетических комплексах, большая аварийность, плановые и внеплановые отключения являются одними из весомых проблем энергетической сферы России [4].

Возобновляемая энергетика является направлением альтернативной энергетики, которое основано на применении практически неисчерпаемых ресурсов для выработки электрической энергии. Дополнительными источниками электрической энергии могут являться и средства альтернативной энергетики (солнечные батареи, ветровые установки, топливные элементы), и традиционные когенерационные установки (КГУ) малых и средней мощности [5]. В случае с КГУ благодаря их установке непосредственно вблизи потребителей предоставляется возможность использования не только вырабатываемой электроэнергии, но также и побочной тепловой энергии на отопительные нужды, горячего водоснабжения или абсорбционного холодоснабжения самого владельца КГУ или сторонних потребителей, которые расположены вблизи [6]. Данное мероприятие позволит добиваться наибольшей эффективности использования топлива в пределах до 90 % от потенциальной энергии.

У возобновляемой энергетики есть и преимущества, и недостатки [7].

К преимуществам относят:

- возобновляемые источники электроэнергии;
- экологически чистые источники электроэнергии;
- низкую себестоимость электроэнергии.

К недостаткам относят:

- полную зависимость от внешних факторов;
- варьируемое качество энергии;
- большую стоимость;
- необходимость в дополнительном оборудовании;

– низкий коэффициент использования установленной мощности.

Двигательная нагрузка имеет наиболее значимые показатели, которыми являются отклонение напряжений от номинальных значений и отклонение частоты. Указанные показатели могут быть в допустимых пределах на шинах главной понизительной подстанции, однако выходить за данные пределы на шинах конечных потребителей недопустимо [8]. Поэтому наиболее важной задачей является разработка мероприятий для поддержания качества электрической энергии на шинах конечных потребителей.

Распределенная генерация (РГ)

Распределенная генерация представляет собой оптимальное расположение дополнительных источников электрической энергии вблизи от потребителей [9].

Близость источников напряжения увеличивает надежность энергоснабжения и уровня напряжения в сети. Надежность энергоснабжения не зависит от возникновения нештатных ситуаций в сетевом хозяйстве. Техногенные аварии всегда происходили и будут происходить. Поэтому так необходим резервный вариант энергоснабжения [10]. При расширении производства на предприятии существенно сокращаются сроки получения дополнительных энергетических мощностей, поскольку нет необходимости ожидать развития необходимой инфраструктуры поставщиками электроэнергии. Дополнительным преимуществом может стать когенерация тепла, делающая РГ наиболее выгодной. И, наконец, все затраты на энергоснабжение можно заранее просчитать [11].

Сравнивая распространенные на данный момент технологии распределенной генерации с централизованной генерацией, в большинстве случаев предоставляются для распределенной генерации наиболее высокие капитальные и текущие затраты (долларов/кВт.ч). В свою очередь, возможные дополнительные плюсы в качестве когенерации тепла, повышения надежности, отсутствия издержек в сети уже в настоящее время представляют распределенную генерацию выгодной во многих применениях [12]. Адекватная рыночная оценка преимуществ – это ключевой фактор, определяющий перспективность такого рода проектов. Совершенствование технологий продвигает на больший уровень оправданности с экономической точки зрения все больше вариантов применения распределенной генерации.

В настоящее время основными интересами потребителей являются возможности резервирования за счет экономии, уменьшения расходов, увеличенный КПД одновременной генерации тепла и электрической энергии. Энергетические компании активно начали полагаться на значительную поддержку от источников распределенной генерации во время пиковых нагрузок, а также на применение данных мощностей для уменьшения потерь и совершенствования параметров работы сети [13].

Для РГ применяются как продукты новейших технологий, так и установки, ставшие традиционными. Традиционными являются различные установки внутреннего сгорания (лидирующие позиции занимают дизели и двигатели, которые работают как на газе, так и на дизельном топливе).

Газовая распределенная генерация является наиболее эффективной технологией электроэнергетики [14]. В настоящее время отрасль малой генерации, которая основана на применении мобильных и самых эффективных газопоршневых установок, представляет собой современный, эффективный и высококорентабель-

ный вид энергетического бизнеса, который стремительно набирает популярность за последние годы.

Основные предпосылки развития газовой генерации в мире [15]:

- наиболее доступное топливо;
- природный газ представляет собой самый доступный и эффективный вид топлива в перспективе на ближайшие десятилетия;
- плавный отказ от применения угольного топлива;
- уголь – это дорогой и неэкологичный вид топлива. В основном в последнее время это подтверждается переводом наиболее крупных электростанций на газовое топливоснабжение;
- уменьшение части атомной энергетики;
- атомная энергетика представляет собой дорогой вид выработки электрической энергии с огромной долей технологического риска. Этот факт подтверждается сворачиванием или снижением части ядерной выработки в энергетических проектах в России и во всем мире;
- высокая доля эффективности когенерации и тригенерации;
- тепловая малая генерация, базирующаяся на ГПУ и являющаяся самым высокоэффективным средством выработки электрической энергии, позволяет получать попутные виды энергии в виде тепловой энергии и холода [16].

Исследования и расчеты

На рис. 1 приведена расчетная схема электрической сети. Параметры линий электропередач (ЛЭП) приведены в табл. 1, а параметры трансформаторов – в табл. 2, нагрузка по узлам сети приведена в табл. 3.

Было проведено исследование модели электрической сети с последовательным подключением источника распределенной генерации на шины каждой подстанции для компенсации собственной нагрузки подстанции.

Положительный эффект от внедрения источников будет зависеть от величины нагрузки и топологии сети.

Для определения оптимального места установки источников распределенной генерации (РГ) необходимо выбрать класс напряжения, на котором они будут устанавливаться. Т. к. в схеме присутствует мощная двигательная нагрузка и основная сеть имеет класс напряжения 6,3 кВ, то эти источники будут установлены на данном классе напряжения. Также подобное упрощение поможет несколько сократить количество возможных узлов установки.

Оценка эффективности установки источников РГ в различных узлах сети производилась по критерию отклонения среднего значения напряжения в сети 6,3 кВ, т. к. на этом классе напряжения они будут установлены. При этом данный критерий определялся для каждой из независимых частей схемы. Например, для первой части схемы среднее значение напряжения определялось по следующей формуле:

$$U_{cp(1)} = \frac{U_3 + U_4 + U_6 + U_8 + U_9 + U_{11} + U_{12} + U_{14} + U_{16} + U_{18} + U_{20}}{11}, \quad (1)$$

где $U_3, U_4, U_6, U_8, U_9, U_{11}, U_{12}, U_{14}, U_{16}, U_{18}, U_{20}$ – напряжение в соответствующих узлах сети для расчетного режима.

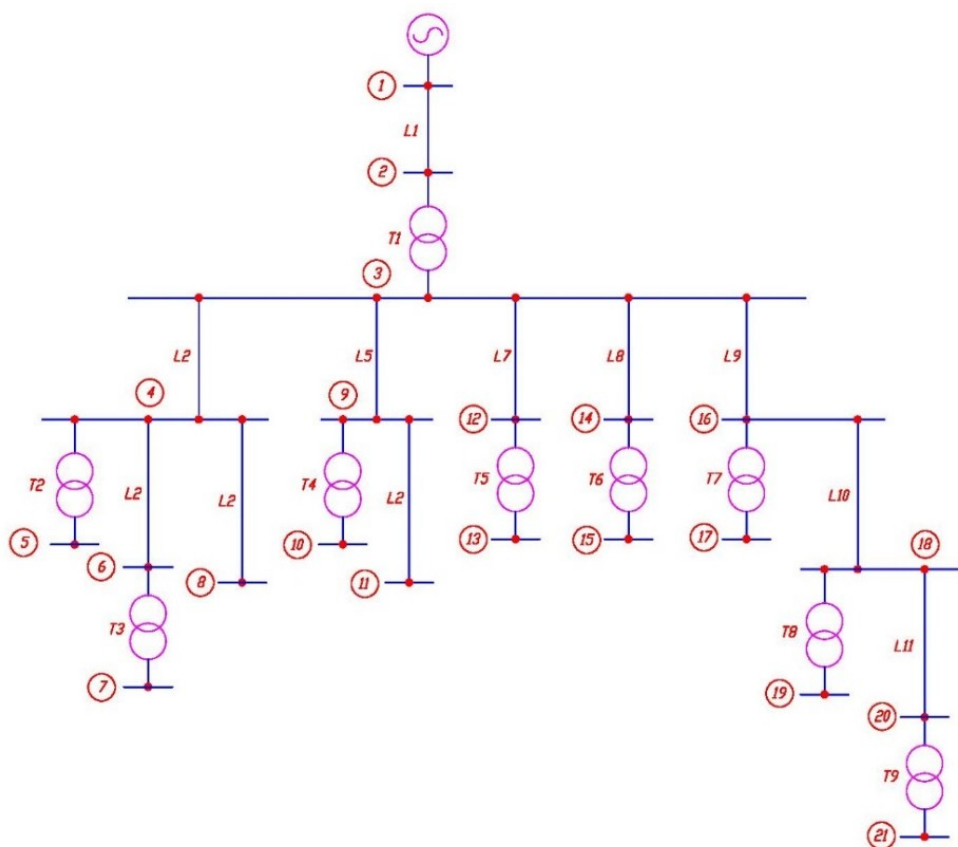


Рис. 1. Схема электрической сети

Таблица 1

Параметры ЛЭП на схеме замещения

Наименование	Начало	Конец	Марка и сечение провода	Длина, м	$U_{\text{вн}}$
L1	1	2	ОСБ-95	2368	35
L2	3	4	АСБ-120	536	6,3
L3	4	6	АСБ-120	400	6,3
L4	4	8	АСБ-120	400	6,3
L5	3	9	АСБ-95	390	6,3
L6	9	11	АСБ-95	300	6,3
L7	3	12	АСБ-95	380	6,3
L8	3	14	АСБ-185	322	6,3
L9	3	16	АСБ-120	1050	6,3
L10	16	18	АСБ-185	140	6,3
L11	18	20	АСБ-120	460	6,3

Таблица 2

Параметры трансформаторов на схеме замещения

Наименование	Начало	Конец	U _{вн} , кВ	U _{шт} , кВ
T1 (ТДНС 16000/35)	2	3	35	6,3
T2 (400 кВА, 4,65 %)	4	5	6,3	0,4
T3 (1000 кВА)	6	7	6,3	0,4
T4 (750 кВА, 5,5 %)	9	10	6,3	0,4
T5 (630 кВА, 5,44 %)	12	13	6,3	0,4
T6 (1000 кВА, 5,76 %)	14	15	6,3	0,4
T7 (1000 кВА, 5,5 %)	16	17	6,3	0,4
T8 (1000 кВА, 5,54 %)	18	19	6,3	0,4
T9 (1000 кВА, 5,8 %)	20	21	6,3	0,4

Таблица 3

Нагрузка по узлам

Номер узла	U _{ном} , кВ	P _н , кВт	Q _н , кВА
4	6,3	400	226
5	0,4	110,4	47
7	0,4	276	117
10	0,4	202,4	86
13	0,4	174,8	74,5
14	6,3	315	180
15	0,4	276	117
16	6,3	320	180
17	0,4	276	117
19	0,4	276	117
21	0,4	276	117

Для нормального режима среднее значение напряжения в первой части сети будет составлять

$$U_{cp(1) \text{ нр}} = (62141,9 + 61937,4 + 61886,2 + 61937,5 + 62094,6 + 62094,7 + 6210,38 + 6208,41 + 6156,2 + 6153,97 + 6147,91) / 11 = 6189,65 \text{ В.} \quad (2)$$

Результаты расчета приведены на рис. 2.

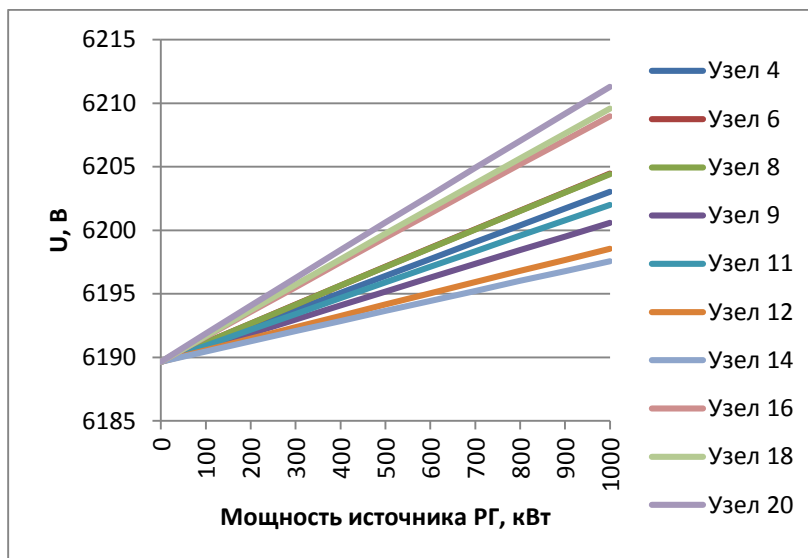


Рис. 2. Изменение средних уровней напряжений в узлах сети 6,3 кВ при установке источников РГ различной мощности

Используя данные, полученные при расчете режимов для первой части схемы при установке источников РГ, и критерий среднего значения напряжения, получаем следующий приоритет узлов для установки источников РГ: 1) узел № 20; 2) узел № 18; 3) узел № 16.

Таблица 4

Потери активной мощности в сети

$P_{\text{РГ}}, \text{ кВт}$	0	500	1000	1500	2000	2500
$\Delta P, \text{ кВт}$	34,6	25,1	21,5	23,8	31,6	44,8

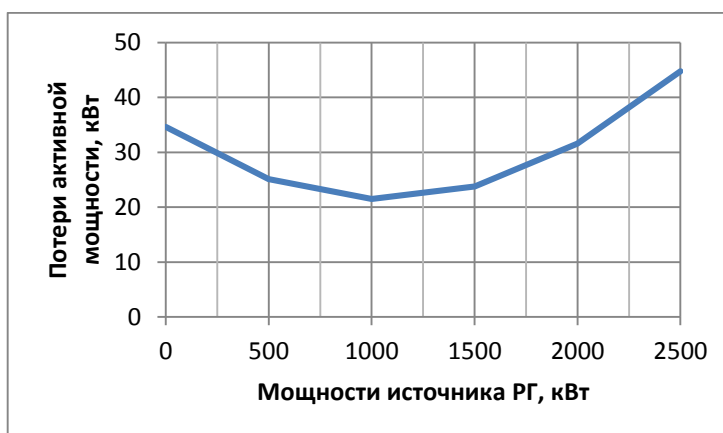


Рис. 3. Зависимость потерь активной мощности в сети от мощности источника РГ в узле № 20

Из приведенных рисунков очевидно линейное увеличение среднего значения напряжения как в первой, так и во второй части схемы при установке источников РГ в соответствующие узлы электрической схемы и равномерном увеличении их мощности. Таким образом, можно заключить, что при использовании критерия увеличения среднего значения напряжения в электрической сети определенного класса напряжения достаточно будет установить источник РГ нормированной мощности в каждый из рассматриваемых узлов сети, рассчитать и сравнить средние значения напряжения.

Для определения величины активной мощности, которую будет вырабатывать источник РГ, установленный в узел № 20, был проведен ряд расчетов режимов работы и получены значения потерь активной мощности в сети. Данные представлены в табл. 4 и на рис. 3.

Представленная зависимость может быть описана полиномом третьего порядка:

$$\Delta P(P) = -0,2741 \cdot P^3 + 12,3921 \cdot P^2 - 25,1894 \cdot P + 34,6063. \quad (3)$$

Найдем производную первого порядка от полученного уравнения и приравняем ее к нулю:

$$\Delta P'(P) = -0,8223 \cdot P^2 + 24,7842 \cdot P - 25,1894 = 0. \quad (4)$$

Тогда корни данного уравнения будут:

$$P_1 = 29,0869 \quad P_2 = 1,0531 \quad (5)$$

Подходящий корень уравнения P_2 – это величина мощности источника РГ в МВт, т. е.

$$P_{PG}(20) = 1,0531 \text{ МВт} = 10531 \text{ кВт} \quad (6)$$

При подстановке полученного значения мощности в исходное уравнение получим расчетное значение потерь активной мощности:

$$\begin{aligned} \Delta P(1,0531) &= -0,2741 \cdot 1,0531^3 + 12,3921 \cdot 1,0531^2 - \\ &- 25,1894 \cdot 1,0531 + 34,6063 = 21,5 \text{ кВт}. \end{aligned} \quad (7)$$

Аналогичным образом были определены величина активной мощности, которую будет вырабатывать источник РГ для узлов № 18 и № 16, и значения потерь:

$$P_{PG}(18) = 1,3355 \text{ МВт} = 13355 \text{ кВт} \quad (8)$$

$$P_{PG}(16) = 1,3839 \text{ МВт} = 13839 \text{ кВт} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \Delta P(1,3355) &= -0,1185 \cdot 1,3355^3 + 8,973 \cdot 1,3355^2 - \\ &- 23,3331 \cdot 1,3355 + 34,6087 = 19,17 \text{ кВт}. \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \Delta P(1,3839) &= -0,1111 \cdot 1,3839^3 + 8,4524 \cdot 1,3839^2 - \\ &- 22,7556 \cdot 1,3839 + 34,5952 = 19 \text{ кВт}. \end{aligned} \quad (11)$$

Из полученных результатов очевидно, что активная мощность, которую будет вырабатывать источник РГ для 1-го приоритетного узла, будет ниже.

Для определенной ранее активной мощности данной схемы, которую вырабатывает источник РГ, необходимо определить величину реактивной мощности, которую он будет вырабатывать. Для ее вычисления были произведены расчеты режимов работы с учетом различной величины реактивной мощности источника РГ и определены потери активной и реактивной мощностей в сети. Результаты расчетов приведены в табл. 5, на рис. 4 и рис. 5.

Таблица 5

Потери активной и реактивной мощностей в сети

Q_r , квар	0	250	500	750	1000	1250	1500
ΔP , кВт	21,5	19	18,11	18,59	20,48	23,8	28,5
ΔQ , квар	201,5	196,1	192,1	189,4	188,1	188	189,2

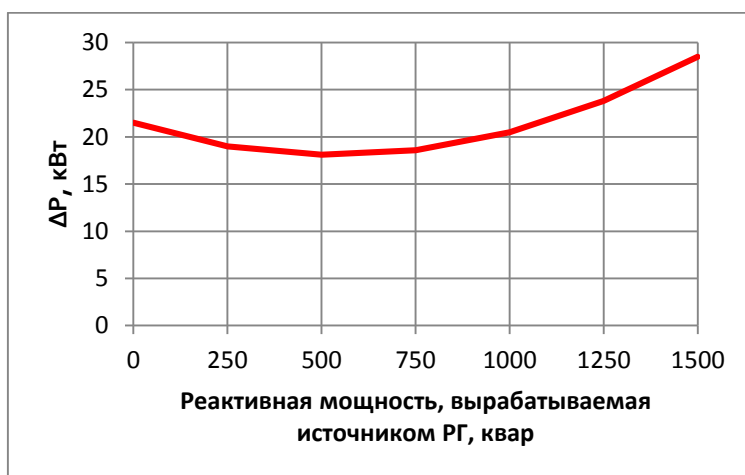


Рис. 4. Зависимость потерь активной мощности от реактивной мощности источника РГ

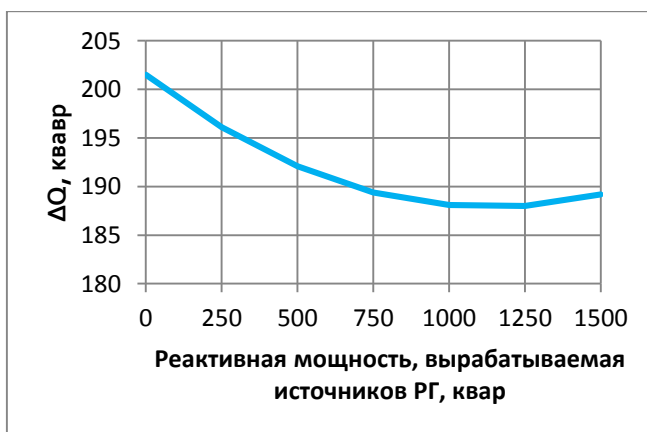


Рис. 5. Зависимость потерь реактивной мощности от реактивной мощности источника РГ

Так как критерием является снижение величины потерь активной мощности, то используется первая зависимость, определяется величина реактивной мощности источника РГ.

Из приведенных результатов очевидно, что минимумы функций будут достигаться при различных величинах вырабатываемой реактивной мощности. Для их нахождения необходимо подвергнуть исходную зависимость процедуре аппроксимации. Зависимость потерь активной мощности от реактивной мощности источника РГ может быть описана следующей функцией:

$$\Delta P(Q) = -0,3556 Q^3 + 12,1905 Q^2 - 12,8159 Q + 21,4857. \quad (12)$$

Найдем производную первого порядка от полученного уравнения и приравняем ее к нулю:

$$\Delta P'(Q) = -1,0668 Q^2 + 24,381 Q - 12,8159 = 0. \quad (13)$$

Тогда корни данного уравнения будут:

$$Q_1 = 22,31599 \quad Q_2 = 0,53833 \quad (14)$$

Подходящий корень уравнения Q_2 – это величина мощности источника РГ в $M_{вар}$, т. е.

$$Q_{РГ}(20) = 0,53833 \text{ Мвар} = 53833 \text{ квар} \quad (15)$$

Расчетное значение потерь активной мощности:

$$\begin{aligned} \Delta P(1,2848) = & -0,3556 0,53833^3 + 12,1905 0,53833^2 - 12,8159 0,53833 + \\ & + 21,4857 = 18,06384 \text{ кВт}. \end{aligned} \quad (16)$$

Зависимость потерь реактивной мощности от реактивной мощности источника РГ может быть описана следующей функцией:

$$\Delta Q(Q) = -0,3556 \cdot Q^3 + 11,3333 \cdot Q^2 - 24,4016 \cdot Q + 201,5. \quad (17)$$

Найдем производную первого порядка от полученного уравнения и приравняем ее к нулю:

$$\Delta P'(P) = -1,0668 \cdot P^2 + 22,6666 \cdot P - 24,4016 = 0. \quad (18)$$

Тогда корни данного уравнения будут:

$$Q_1 = 20,10985 \quad Q_2 = 1,13743 \quad (19)$$

Подходящий корень уравнения Q_2 – это величина мощности источника РГ в $M_{вар}$, т. е.

$$Q_{РГ}(20) = 1,13743 \text{ Мвар} = 113743 \text{ квар} \quad (20)$$

Расчетное значение потерь реактивной мощности:

$$\begin{aligned} \Delta Q(1,13743) = & -0,3556 1,13743^3 + 11,3333 1,13743^2 - 24,4016 1,13743 + \\ & + 201,5 = 187,884 \text{ квар}. \end{aligned} \quad (21)$$

Таким образом, при установке источника РГ в узле № 20 он будет работать со следующими параметрами: $P_r = 1053,1$ кВт, $Q_r = 538,3$ квар.

Выводы

Из анализа полученных данных следует, что при использовании критерия прироста среднего значения напряжения в сети мощность источника распределенной генерации для первого приоритетного узла будет ниже, чем в остальных узлах. Однако значение потерь активной мощности в сети может быть при этом условием не минимальным.

По критерию минимизации потерь активной мощности в сети были определены параметры активной и реактивной мощностей источника РГ. При этом потери активной мощности снизились.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Abdolreza Sadighmanesh, Kazem Zare, Mehran Sabahi.* Distributed Generation unit and Capacitor Placement for Loss Voltage profile and ATC Optimization. International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE). 2012; 2(6): 774–780.
2. *Jahani R., Shafighi Malekshah A., Chahkandi Nejad H.* Applying a new advanced intelligent algorithm for optimal distributed generation location and sizing in radial distribution systems. Australian Journal of Basic and Applied Sciences. 2011; 5(5): 642–649.
3. *Borges C.L.T., Falcao D.M.* Impact of Distributed Generation Allocation and Sizing on Reliability, Losses, and Voltage Profile. IEEE Bologna Power Tech Conference Proceedings. Bologna. 2003.
4. *Кубарьков Ю.П., Голубева К.А.* Управление уровнем напряжения и потерь в электрических сетях с активно-адаптивными элементами // Электроэнергетика глазами молодежи: труды VI международной научно-технической конференции, 9–13 ноября 2015, Иваново. – В 2 т.
5. *Кубарьков Ю.П., Рыгалов А.Ю., Макаров Я.В., Карпов А.С.* Анализ и восстановление режимов работы систем электроснабжения с помощью мультиагентной системы // Труды Кольского научного центра РАН. – 2013. – № 4(17). – С. 112–116.
6. *Srinivasa Rao R., Ravindra K., Satish K., Narasimham S.V.L.* Power loss minimization in distribution system using network reconfiguration in the presence of distributed generation. IEEE Trans Power Syst 2012.
7. *Garcia Juan Andres Martin, Mena Antonio Jose Gil.* Optimal distributed generation location and size using a modified teaching–learning based optimization algorithm. Electr Power EnergySyst 2013; 50:65–75.
8. *Mutale J.* “Benefits of Active Management of distribution networks with distributed generation,” in Proc. Power System Conf. and Exposition, 2006, pp. 601–606.
9. *Fu-Dong L., Min W., Yong H., Xin C.* Optimal control in microgrid using multi-agent reinforcement learning, {ISA} Transactions, vol. 51, no. 6, pp. 743–751, 2012.
10. *Kumar Nunna H., Doolla S.* Multiagent-based distributed-energy-resource management for intelligent microgrids, Industrial Electronics, IEEE Transactions on, vol. 60, no. 4, pp. 1678–1687, 2013.
11. *Wang Y., Ai X., Gao Y.* Microgrid's operation-management containing distributed generation system, in Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies (DRPT), 2011 4th International Conference on, pp. 703–707.
12. *Chen Y.-H., Lu S.-Y., Chang Y.-R., Lee T.-T., Hu M.-C.* Economic analysis and optimal energy management models for microgrid systems: A case study in taiwan, Applied Energy, vol. 103, no. 0, pp. 145–154, 2013.
13. *Koohi-Kamali S., Tyagi V., Rahim N., Panwar N., Mokhlis H.* Emergence of energy storage technologies as the solution for reliable operation of smart power systems: A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 25, no. 0, pp. 135–165, 2013.
14. *Nayeripour M., Hasanvand S., Fallahzadeh-Abarghouei H.* “Optimal Expansion Planning of Distribution System Capacity with Respect to Distributed Generations”, International Journal of Renewable Energy Research (IJRER), vol. 6, no. 3, pp. 817–824, 2016.
15. *Chiandone M., Campaner R., Pavan A. Massi et al.* Impact of Distributed Generation on power losses on an actual distribution network. In: Renewable Energy Research and Application (ICRE-RA), 2014. International Conference on. IEEE, 2014. p. 1007–1011.

16. Fallahzadeh-Abarghouei H. et al. "Distributed Generation Planning & Grid Partitioning for Voltage Control of Smart Distribution System". International Journal of Renewable Energy Research (IJRER), vol. 6, no. 4, p. 1342–1349, 2016.

Статья поступила в редакцию 4 сентября 2020 г.

OPTIMIZATION OF OPERATION MODE OF DISTRIBUTION NETWORKS WITH ACTIVE-ADAPTIVE ELEMENTS

Y.P. Kubarkov, Y.V. Makarov, K.A. Soldatkina

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russian Federation

Abstract. Power supply is reproduced from its own sources of electricity or from existing electrical networks. Therefore, the most important task is to develop measures to maintain the quality of electrical energy on the tires of the end user. Distributed power generation is the construction of additional sources of electricity in the immediate vicinity of consumers. Currently, the main interests of consumers are the possibility of redundancy, due to savings in reducing costs, increased efficiency of joint generation of heat and electricity. Various energy companies have begun to rely more heavily on existing support from distributed generation sources during peak loads, using these capacities to reduce losses and improve network performance. Alternative generation can be additional sources of active power. Distributed generation facilities currently account for about seven percent of the total electricity generation in Russia. This indicator is half the global scale, but distributed generation has already taken place in Russia as a phenomenon, and this industry is actively developing. Significant depreciation of fixed assets in energy complexes, high accident rates, planned and unscheduled shutdowns are among the most significant problems of the Russian energy sector. Renewable energy is an alternative energy sector based on the use of virtually inexhaustible resources for generating electricity (solar, wind, river, sea, geothermal, etc.). renewable energy has both advantages and disadvantages. Gas distributed generation is the most efficient energy technology. The popularity of distributed generation and the introduction of "smart" networks has many prerequisites. The benefits that the owner of distributed generation receives are obvious.

Keywords: power losses, distributed generation, voltage stability, gas distributed generation, network operation parameters, renewable energy.

REFERENCES

1. Abdolreza Sadighmanesh, Kazem Zare, Mehran Sabahi. Distributed Generation unit and Capacitor Placement for Loss Voltage profile and ATC Optimization. International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE). 2012; 2(6): 774–780.
2. Jahani R., Shafighi Malekshah A., Chahkandi Nejad H. Applying a new advanced intelligent algorithm for optimal distributed generation location and sizing in radial distribution systems. Australian Journal of Basic and Applied Sciences. 2011; 5(5): 642–649.

*Yury P. Kubarkov (Dr. Sci. (Techn.)), Professor.
Yaroslav V. Makarov, Senior Lecture.
Kristina A. Soldatkina, Postgraduate Student.*

3. *Borges C.L.T., Falcao D.M.* Impact of Distributed Generation Allocation and Sizing on Reliability, Losses, and Voltage Profile. IEEE Bologna Power Tech Conference Proceedings. Bologna. 2003.
4. *Kubar'kov Yu.P., Golubeva K.A.* Upravlenie urovnem napryazheniya i poter' v elektricheskikh setyah s aktivno-adaptivnymi elementami // Elektroenergetika glazami molodezhi: trudy VI mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii, 9–13 noyabrya 2015, Ivanovo. – V 2 t.
5. *Kubar'kov Yu.P., Rygalov A.Yu., Makarov Ya.V., Karpov A.S.* Analiz i vosstanovlenie rezhimov raboty sistem elektrosnabzheniya s pomoshch'yu mul'tiagentnoj sistemy // Trudy Kol'skogo nauchnogo centra RAN. – 2013. – № 4(17). – Str. 112–116.
6. *Srinivasa Rao R., Ravindra K., Satish K., Narasimham S.V.L.* Power loss minimization in distribution system using network reconfiguration in the presence of distributed generation. IEEE Trans Power Syst 2012.
7. *Garcia Juan Andres Martin, Mena Antonio Jose Gil.* Optimal distributed generation location and size using a modified teaching–learning based optimization algorithm. Electr Power EnergySyst 2013; 50:65–75.
8. *Mutale J.* “Benefits of Active Management of distribution networks with distributed generation,” in Proc. Power System Conf. and Exposition, 2006, pp. 601–606.
9. *Fu-Dong L., Min W., Yong H., Xin C.* Optimal control in microgrid using multi-agent reinforcement learning, {ISA} Transactions, vol. 51, no. 6, pp. 743–751, 2012.
10. *Kumar Nunna H., Doolala S.* Multiagent-based distributed-energy-resource management for intelligent microgrids, Industrial Electronics, IEEE Transactions on, vol. 60, no. 4, pp. 1678–1687, 2013.
11. *Wang Y., Ai X., Gao Y.* Microgrid's operation-management containing distributed generation system, in Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies (DRPT), 2011 4th International Conference on, pp. 703–707.
12. *Chen Y.-H., Lu S.-Y., Chang Y.-R., Lee T.-T., Hu M.-C.* Economic analysis and optimal energy management models for microgrid systems: A case study in taiwan, Applied Energy, vol. 103, no. 0, pp. 145–154, 2013.
13. *Koohi-Kamali S., Tyagi V., Rahim N., Panwar N., Mokhlis H.* Emergence of energy storage technologies as the solution for reliable operation of smart power systems: A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 25, no. 0, pp. 135–165, 2013.
14. *Nayeripour M., Hasanvand S., Fallahzadeh-Abarghouei H.* “Optimal Expansion Planning of Distribution System Capacity with Respect to Distributed Generations”, International Journal of Renewable Energy Research (IJRER), vol. 6, no. 3, pp. 817–824, 2016.
15. *Chiandone M., Campaner R., Pavan A. Massi et al.* Impact of Distributed Generation on power losses on an actual distribution network. In: Renewable Energy Research and Application (ICRE-RA), 2014. International Conference on. IEEE, 2014. p. 1007–1011.
16. *Fallahzadeh-Abarghouei H. et al.* “Distributed Generation Planning & Grid Partitioning for Voltage Control of Smart Distribution System”. International Journal of Renewable Energy Research (IJRER), vol. 6, no. 4, p. 1342–1349, 2016.