ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

В. И. Зацепина, Е. П. Зацепин, О. Я. Шачнев

ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», г. Липецк, Россия

Рецензент д-р техн. наук, профессор А. Н. Шпиганович

Ключевые слова: график нагрузки; мощность; провал напряжения; сельскохозяйственные объекты; статический компенсатор реактивной мощности; экономическая эффективность.

Аннотация: Рассмотрены причины возникновения провалов напряжения в отдаленных точках общей системы электроснабжения. Предложен способ по минимизации провалов напряжения в объектах сельскохозяйственного назначения. Даны рекомендации по выбору статического компенсатора реактивной мощности, а также планированию энергопотребления административными ресурсами.

В соответствии с федеральным законом «Об импортозамещении» многие предприниматели открывают фермерские хозяйства, а также перемещают животноводческие фермы к крупным населенным пунктам, опираясь на экономическую составляющую своего продукта [1]. Однако с технической стороны данное обстоятельство негативно сказывается на потребителях, так как уровень напряжения может принимать достаточно низкие значения [2, 3]. Например, рассмотрим сложносвязанную сеть электроснабжения объекта сельского хозяйства напряжением 35 кВ (рис. 1).

Предположим, что в непосредственной близости от точки 5 расположен крупный населенный пункт. Тогда большое число предпринимателей сконцентрируется вблизи нее, так как затраты на транспортировку продукции будут существенно ниже. Например, расстояния ℓ_5 и ℓ_6 существенно ниже до потенциального потребителя в точке 5, чем все остальные возможные пути от точек 1, 3, 4, 7. В точке 2 располагается птицефабрика по производству яиц на 200 тыс. кур-несушек, точке 5 – молочная ферма с содержанием 100 коров, точке 6 – зернохранилище. Поэтому суммарная

Зацепина Виолетта Иосифовна – доктор технических наук, профессор кафедры «Электрооборудование»; Зацепин Евгений Петрович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Электрооборудование»; Шачнев Олег Ярославович – аспирант кафедры «Электрооборудование», e-mail: sh.ol.ya@yandex.ru, ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», г. Липецк, Россия.

Рис. 1. Сложнозамкнутая сеть электроснабжения сельского хозяйства

потребляемая мощность S_2, S_5, S_6 сельскохозяйственных объектов существенно выше, чем в остальных точках S_1, S_3, S_4, S_7 , где могут быть расположены любые потребители электроэнергии. В таком случае самыми электрически отдаленными районами от подстанции A являются точки 2, 5, 6, которым характерно низкое напряжение на входе. Например, напряжение в точке 6 запишем формулой

$$U_6 = \sqrt{\left(U_7 + \frac{P_{67}R_{67} + Q_{67}X_{67}}{U_7} \right)^2 + \left(\frac{P_{67}X_{67} - Q_{67}R_{67}}{U_7} \right)^2}, \quad (1)$$

где U_7 – напряжение в точке 7; P_{67} и Q_{67} – активная и реактивная составляющая мощности, передаваемая по линии расположения точек 6–7; R_{67} и X_{67} – активная и реактивная составляющая сопротивления в линии точек 6–7.

Таким образом, при сильном отдалении от точки генерации энергии и при наличии мощных электроприемников наблюдается снижение напряжения в точке 6, что сказывается на тепловом оборудовании, предназначенном для создания максимально комфортной температуры для птиц и животных, и снижает их репродуктивную функцию, что, в свою очередь, отражается на экономической эффективности сельскохозяйственного объекта.

Повысить пропускную способность сети возможно за счет строительства новых линий электропередач и подстанций, но без перспективного плана застройки промышленных объектов энергоснабжающей организации возводить новые линии электропередач и подстанции экономически нецелесообразно, так как они будут практически не загружены [2]. Соответственно, отсутствуют предпосылки по окупаемости приведенных затрат. Повышение номинального напряжения в электрической сети вызывает замену всех защитных средств, электрического оборудования и прочих компонентов.

Наибольшую эффективность может показать достаточно распространенные в странах дальнего зарубежья устройства статического компенсатора реактивной мощности (СТАТКОМ) [4], которые повышают эффективность систем передачи электроэнергии и улучшают качество электроэнергии. Их работа заключается в непосредственной генерации или потреблении реактивной мощности с дальнейшим регулированием напряжения и повышением устойчивости работы электрической системы.

Режим работы сельскохозяйственных предприятий можно охарактеризовать, как пиковый, то есть максимальное потребление электрической энергии приходится на конкретный промежуток времени, который в дальнейшем пойдет на спад. При максимальной нагрузке в сети появляется провал напряжения в удаленных точках. В задачу системы СТАТКОМ входит поддержание напряжения U_6 на уровне значений U_7 . Следовательно, в таком случае величина ΔU должна стремиться к нулю [4]:

$$\Delta U = \frac{PR_{\text{ЛЭП}} + (Q - Q_k)X_{\text{ЛЭП}}}{U_7} \rightarrow 0, \quad (2)$$

где P , Q – активная и реактивная составляющие потребляемой мощности; Q_k – оперируемая величина СТАТКОМ; $R_{\text{ЛЭП}}$, $X_{\text{ЛЭП}}$ – активное и реактивное сопротивление проводов линий электропередач (ЛЭП).

Для удовлетворения условия (2) знаменатель можно опустить, следовательно арифметически выражаем Q_k :

$$Q_k = P \frac{R_{\text{ЛЭП}}}{X_{\text{ЛЭП}}} + Q. \quad (3)$$

При комбинированной нагрузке целесообразно использовать суммарные значения потребляемой мощности для определения необходимой мощности СТАТКОМ:

$$\sum_{i=1}^n Q_k = \sum_{i=1}^n P \frac{R_{\text{ЛЭП}}}{X_{\text{ЛЭП}}} + \sum_{i=1}^n Q. \quad (4)$$

В пиковые нагрузочные часы достигается наибольшая потребляемая мощность, с учетом этого необходимо подобрать и мощность компенсатора. Отметим, что при правильном распределении пиковых нагрузок по времени, можно в условной близости расположить несколько сельскохозяйственных производственных объектов [3]. Отобразим примерную диаграмму эффективных повременных нагрузок на рис. 2. При расчете средней процентной загрузки всех сельскохозяйственных объектов на каждый час получим диаграмму, показанную на рис. 3. Данные диаграмм отражают процентную загрузку от общей максимальной относительно времени суток с шагом в 3 ч.

Рис. 2. Повременная загрузка сельскохозяйственных предприятий:

□ – молочная ферма; □ – птицефабрика; □ – зерновое производство;
 ■ – овчарня; □ – свиноферма

Рис. 3. Средняя повременная загрузка сельскохозяйственных предприятий

Наибольшая техническая эффективность наблюдается в случае примерно одинаковых средних процентных значений, что может произойти, если одно предприятие потребляет минимум электроэнергии, а другое работает на номинальную мощность. В таком случае каждый временной промежуток загружен, трансформаторы энергоснабжающей организации работают в режиме нагрузки, а мощность СТАТКОМа будет не слишком высокой, что положительно отразится на экономической составляющей как энергоснабжающей организации, так и всех сельскохозяйственных производителей. Рядом с крупными сельскохозяйственными предприятиями могут располагаться небольшие производства по выпуску запчастей для агрегатов и машин, что тоже необходимо учитывать при планировании энергопотребления [5]. Таким образом, совместное планирование потребления электроэнергии должно интересовать не только энергоснабжающую организацию, но и сельскохозяйственных производителей и соответствующий административный ресурс.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ и управления образования и науки Липецкой области в рамках научного проекта № 14-48-03629 р_центр_а «Оптимизация динамики и энергосбережение в электротехнических комплексах металлургических производств».

Список литературы

1. Об импортозамещении : федер. закон № 188 от 29.06.2015 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : www.kremlin.ru/acts/bank/39838 (дата обращения: 19.09.2016).

2. Зацепин, Е. П. Качество электрической энергии по напряжению в системах электроснабжения металлургических предприятий / Е. П. Зацепин, В. И. Зацепина // Вести высш. учеб. заведений Черноземья. – 2013. – № 1. – С. 21 – 25.
3. Шилов, И. Г. Имитационная модель устройства динамической компенсации перенапряжений / И. Г. Шилов, В. И. Зацепина // Науч. проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – 2009. – № 1. – С. 379 – 383.
4. Зацепин, Е. П. Анализ применения FACTS-устройств в системах с резко-переменными нагрузками / Е. П. Зацепин, В. И. Зацепина, О. Я. Шачнев // Вести высш. учеб. заведений Черноземья. – 2015. – № 4. – С. 21 – 26.
5. Володин, И. М. Разработка и исследование высокоактивной насыщающей среды для нитроцементации сталей при низких и высоких температурах / И. М. Володин, В. И. Колмыков, А. А. Жосанов // Физика и технология наноматериалов и структур : сб. науч. ст. 2-й Междунар. науч.-практ. конф., Курск, 24–26 ноября 2015 г. : в 2 т. / Юго-Зап. гос. ун-т., ЗАО «Университетская книга». – Курск, 2015. – Т. 1. – С. 43 – 48.

References

1. www.kremlin.ru/acts/bank/39838 (accessed 19 September 2016) (In Russ.)
2. Zatsepin E.P., Zatsepina V.I. [Power quality of the voltage in the power supply systems of metallurgical enterprises], *Vesti vysshih uchebnykh zavedeniy Chernozem'ja* [News of Higher Educational Institutions of the Chernozem Region], 2013, no. 1, pp. 21-25. (In Russ.)
3. Shilov I.G., Zatsepina V.I. [Simulation model of the device of the dynamic compensation of over voltages], *Nauchnye problemy transporta Sibiri i Dal'nego Vostoka* [Scientific problems of transportation in Siberia and the Far East], 2009, no. 1, pp. 379-383. (In Russ., Abstract in Eng.)
4. Zatspein E.P., Zatssepina V.I., Shachnev O.Y. [Analysis of FACTS-devices application in systems with variable load], *Vesti vysshih uchebnykh zavedeniy Chernozem'ja* [News of Higher Educational Institutions of the Chernozem Region], 2015, no. 4, pp. 21-26. (In Russ.)
5. Volodin I.M., Kolmykov V.I., Zhosanov A.A. [Development and research of highly saturating environment for carbonitriding of steels at low and high temperatures], *Fizika i tehnologiya nanomaterialov i struktur* [Physics and technology of nanomaterials and structures], Collection of scientific articles of the 2nd International Scientific and Practical Conference, Kursk, 24-26 November 2015, vol. 1 of 2, pp. 43-48. (In Russ.)

Improving the Efficiency of Power Supply of Agricultural Facilities

V. I. Zatssepina, E. P. Zatspein, O. Ya. Shachnev

Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia

Keywords: agricultural facilities; economic efficiency; load schedule; power; static var compensator; power failure.

Abstract: The paper discusses the causes of power failures at remote locations on a common supply system. The proposed method for minimization of power failures in agricultural facilities. Recommendations on the static var compensator choice are given. General guidelines for planning the energy consumption of administrative resources are provided.

© В. И. Зацепина, Е. П. Зацепин, О. Я. Шачнев, 2016