УДК 621.316
Д.В. Буторин

ПЛАНИРОВАНИЕ РЕЗЕРВА ЭЛЕМЕНТОВ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИСОЕДИНЕНИЙ В ПРЕДМЕТЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМЫ СЕЛЬСКОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Ключевые слова: запасы; технологическое присоединение; резерв; служба эксплуатации; электрические сети.

Определение места методики оценки резерва оборудования для монтажа технологических присоединений сельского электроснабжения в предмете теории эксплуатации электрооборудования базируется на работах современных ученых и в первую очередь на трудах Ерошенко Г.П. [1, 2].

Было показано, что энергооборудование является частью сельскохозяйственного объекта и поэтому – частью производственной системы *ПС*, служащей для создания какой-либо сельскохозяйственной продукции. Структурная схема такой системы представлена на рисунке 1.

Рисунок 1

Подсистемы ресурсов структуры производственной системы: трудовые – *Tr*, материальные – *Mr* и энергетические – *Er* и подсистема технологического объекта – *T*, необходимого для преобразования исходного сырья в конечную продукцию

Машины и аппараты, относящиеся к подсистеме энергоресурсов, служат для обеспечения энергией производственного процесса. Целью производственной системы является удовлетворение потребностей

общества за счет увеличения выпуска продукции, повышения ее качества и снижения себестоимости. Для этого необходимо, чтобы работа всех в совокупности элементов, в том числе и энергооборудования, была

подчинена цели производственной системы [1, 2]. Важнейшим звеном подсистемы энергетических ресурсов является электрооборудование. Основное влияние на качество работы электрифицированного оборудования оказывают: 1 – источник электропитания, определяющий качество электроэнергии; 2 – эксплуатационные свойства используемого электрооборудования, характеризующие его пригодность к эксплуатации; 3 – технологический объект, определяющий режимы использования и условия окружающей среды; 4 – служба эксплуатации, от которой зависит качество обслуживания, ремонта и других работ по обеспечению работоспособности электрооборудования. Система названных элементов составляет обобщенный объект изучения теории эксплуатации электрооборудования и обозначается для краткости: источник – электроприемник – технологический объект – служба эксплуатации (система $I - Э - T - C$).

Каждый выделенный элемент системы дает обобщенное представление о реальных объектах [2]. *Источник* – это электрооборудование системы сельского электрообеспечения. *Электроприемник* – это совокупность электрооборудования от ввода в помещение до рабочего органа или рабочей зоны технологического объекта. *Технологический объект* – это любая электрифициро-

ванная машина, установка, поточно-технологическая линия и другая сельскохозяйственная техника. *Служба эксплуатации* – это специалисты электротехнической службы ЭТС хозяйства или района, которые контролируют использование и осуществляют обслуживание (ремонт), а также их ремонтно-обслуживающая база.

В настоящее время происходит дезукрупнизация отраслей сельского хозяйства, появилось много фермерских хозяйств, электротехническая служба которых неспособна обеспечить качественный капитальный ремонт отказавшего электрооборудования. В связи с этим капитальный ремонт электроприводов и других видов электрооборудования в основном стал проводиться централизованно на специализированных предприятиях. Вследствие этого было рекомендовано выделить капитальный ремонт из сферы деятельности электротехнических служб сельхозпроизводителей отдельным элементом P в обобщенный предмет изучения теории эксплуатации электрооборудования. Элемент P определяет качество капитального ремонта электрооборудования и включает в себя крупные ремонтные заводы и специализированные ремонтные предприятия районного и областного уровней. Предлагаемая структурная схема $И - Э - Т - С - P$ представлена на рисунке 2 [3, 4].

Рисунок 2

Структурная схема системы $I - Э - T - C - P$:

И – источник электроэнергии; Э – электроприемник; Т – технологический объект;

С – служба эксплуатации; Р – ремонтный завод

Выше было сказано, что источником $И$ системы $И - Э - Т - С - Р$ является система электроснабжения, которая относится к категории сложных. Термин «система» при этом рассматривается как совокупность взаимосвязанных элементов, предназначенных для выполнения общей задачи. Систему электроснабжения в этом случае можно представить в виде совокупности подстанций $Пс$, линий электропередачи $ЛЭП$, резервных источников питания $РИП$, коммутационных аппаратов $КА$, работающих на определенной территории [5]. Границы отмеченных территорий обычно совпадают с границами административных районов. Эксплуатацией электрооборудования системы электроснабжения на этих территориях занимаются сетевые районы, которые в производственных условиях называют районами электрических сетей $РЭС$. Территориальная структура предполагает, что главным организационным подразделением, занимающимся эксплуатацией электрооборудования системы электроснабжения, является производственное отделение электрических сетей $ПЭС$, которое обычно включает в себя 5...9 $РЭС$. Основной производственной целью $ПЭС$ и вхо-

дящих в них $РЭС$ является бесперебойное снабжение потребителей электрической энергией в нужном количестве и надлежащего качества.

Достижение цели по бесперебойному электроснабжению с заданным качеством можно отразить, выделив элемент $И$ системы $И - Э - Т - С - Р$ в отдельную систему $И_э - С_э$. Эффективность функционирования выделенной системы будет зависеть от состояния электрооборудования источника электроснабжения $И_э$, эксплуатационные свойства которого определяют качество его применения по назначению, и службы эксплуатации $С_э$, определяющей не только качество технического обслуживания и ремонта, но и качество проведения технологических присоединений. Совокупность $И_э$ и $С_э$ представляют обобщенный объект изучения предмета теории эксплуатации системы электроснабжения. Выделенные элементы системы дают обобщенное представление о реальных объектах.

Источник $И_э$ – электрооборудование системы сельского электроснабжения (трансформаторные подстанции $ТП$, линии электропередачи $ЛЭП$, резервные источники электропитания $РИП$, коммутационные аппараты $КА$).

Рисунок 3
Структурная схема системы $И_э - С_э$

Служба эксплуатации $С_э$ – работники сетевых районов $С_{тор}$, занимающиеся техническим обслуживанием и ремонтом электрооборудования системы электроснабже-

ния, а также работники $С_м$ отдельных подразделений $ПЭС$ и $РЭС$, занимающиеся проведением технологических присоединений на территории всех $РЭС$, входящих в

этот ПЭС. Служба эксплуатации C_3 предусматривает наличие в РЭС и ПЭС своих ремонтно-обслуживающих баз.

В упрощенном виде совокупность представленных элементов системы $I_3 - C_3$ приведена на рисунке 3.

Характеристика работоспособности (обеспечения бесперебойного снабжения потребителей электроэнергией в необходимом количестве и установленном качестве) системы электроснабжения сельского хозяйства можно представить зависимостью

$$P_i = f(\bar{C}_{тор}, \bar{C}_{мп}) \quad (1)$$

где P_i – показатели безотказности, долговечности, ремонтпригодности, сохранности системы электроснабжения; $\bar{C}_{тор}$ и $\bar{C}_{мп}$ – характеристики воздействия на систему электроснабжения подразделений службы эксплуатации (работников $C_{тор}$ и $C_{мп}$).

Для более детального изучения места технологических присоединений в предмете эксплуатации электрооборудования выделим из системы $I_3 - C_3$ подсистему электрооборудование технологических присоединений – служба монтажа технологических присоединений (подсистема $\mathcal{E}_{пр} - C_{мп}$).

Электрооборудование технологических присоединений – совокупность оборудования (провод, коммутационные аппараты, изоляционные элементы, стойки, приставки и др.), которое было смонтировано в процессе монтажа технологического присоединения потребителя к электрическим сетям.

Служба технологических присоединений – работники подразделения службы эксплуатации системы электроснабжения, занимающиеся организационными и техническими вопросами монтажа подключения потребителя к электрическим сетям, а также их ремонтно-обслуживающая база.

Влияние службы технологических присоединений на качество подключения потребителя к электрическим сетям, а следовательно, на качество передаваемой ему электроэнергии можно представить структурной схемой подсистемы, приведенной на рисунке 4.

Звено $C_{мп}$ является совокупностью элементов I_c – исполнителей монтажа подключения; C_p – технических средств для проведения монтажа подключения: D – документации по организации проведения подключения и обеспечения необходимых для этого изделий и материалов.

Рисунок 4
Структурная схема подсистемы $\mathcal{E}_{пр} - C_{мп}$

Указанные элементы имеют свою структуру. К исполнителям монтажа I_c от-

носятся электромонтажники $\mathcal{E}_м$ и инженерно-технические работники I_p .

К техническим средствам C_n относятся основные средства OC и оборотные OB . Первые включают недвижимость, транспорт, механизмы, станки и др. Вторые – запасные изделия и материалы для монтажа подключения.

Документация D включает в себя технологические и стандартизационные документы D_c : ГОСТы и ОСТы, нормативные материалы, технические требования. К указанным документам относятся также методические указания M_z по оценке параметров резерва, хранящихся на складе количества изделий и материалов, необходимых для проведения бесперебойных работ по монтажу подключения потребителя к электрическим сетям. Оптимизированные параметры должны соответствовать минимальным затратам, связанным с запасами [5, 6]. Функция затрат L при этом должна стремиться к минимуму.

$$L = L_z + L_{mp} + L_{xp} + L_o + L_{ш} + L_{np} \rightarrow \min, \quad (2)$$

где L_z – затраты на приобретения запасов; L_{mp} – затраты на транспортировку; L_{xp} – затраты на физическое хранение; L_o – затраты на омертвление денежных средств; $L_{ш}$ – затраты на штрафы из-за несвоевременного подключения потребителя; L_{np} – убытки из-за отсутствия на складе необходимых для монтажа элементов.

Подсистема $\mathcal{E}_{np} - C_{mn}$ включает информационные, управляющие и энергетические связи. Инженерно-технические работники I_p , получив от заказчика информацию о месте нахождения и мощности энергопринимающих устройств, сроках проектирования и поэтапного ввода его в эксплуатацию, сведения о категории надежности, количестве точек присоединения и т. д., обращаются к M_z . Строгое выполнение рекомендаций M_z оказывают управляющее воздействие на C_p и I_c , а энергетическое влияние последних – повышение надежности технологиче-

ских присоединений. Увеличение уровня надежности ведет к повышению качества передаваемой электрической энергии.

Из сказанного выше следует, что M_z опосредованно воздействует на систему электроснабжения сельскохозяйственных электроприемников. Во-первых, разработка методики прогнозирования резерва запасных элементов M_z оказывает управляющее влияние на параметры запасов, входящих в оборотные средства OB . Во-вторых, электромонтажники $\mathcal{E}_m$, используя оптимизируемое количество необходимых элементов, оказывают энергетическое воздействие на качество электроэнергии системы электроснабжения I_c , повышая уровень ее работоспособности.

Следует отметить, что после подписания актов разграничения балансовой принадлежности и эксплуатационной ответственности сторон электрооборудование технологического присоединений $\mathcal{E}_{np}$ начинает относиться к электрооборудованию системы электроснабжения I_z ($ЛЭП$, $ТП$ и др.).

В связи с этим характеристику воздействия C_{mn} функции (1) можно представить в виде

$$C_{mn} = f(I_c, M_z, OB), \quad (3)$$

где I_c , M_z , OB – характеристики воздействия исполнителей, методики оптимизации резерва, непосредственно запасных элементов.

Выводы. На основании предложенной подсистемы $\mathcal{E}_{np} - C_{mn}$ было обосновано место методики оптимизации резерва запасных элементов для проведения технологических присоединений в обобщенном предмете теории эксплуатации системы электроснабжения $I_z - C_z$ сельского хозяйства. Эффективность разработанной методики оценивается критерием достижения минимума затрат, связанного с резервом запасных элементов ($L \rightarrow \min$).

Библиографический список

1. Ерошенко, Г.П. Эксплуатация электрооборудования [Текст] / Г.П. Ерошенко, А.П. Коломиец, Н.П. Кондратьева, Ю.А. Медведько, М.А. Таранов. М.: КолосС, 2007. 344 с.
2. Ерошенко, Г.П. Эксплуатация электрооборудования [Текст] / Г.П. Ерошенко, Н.П. Кондратьева. М.: ИНФРА-М, 2014. 336 с.

3. Буторин, В.А. Эксплуатация и надежность электрооборудования [Текст]: учебное пособие / В.А. Буторин. Челябинск, 2006. 164 с.
4. Буторин, В.А. Системный подход к проблеме качества восстановления электродвигателей [Текст] / В.А. Буторин, Е.В. Бабыкин, Д.В. Буторин, М.А. Малы-

шев // Вестник ЧГАУ. Челябинск, 2008. Т. 51. С. 125–130.

5. Рыжиков, Ю.И. Теория очередей и управление запасами [Текст] / Ю.И. Рыжиков. СПб: Питер, 2001. 384 с.

6. Малышев, М.А. Прогнозирование аварийного резерва запасных элементов сетевых районов по обслуживанию сельских распределительных сетей [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук / М.А. Малышев. Челябинск, 2012. 23 с.

Сведения об авторе

Буторин Дмитрий Владимирович, инженер ПАО «Московская объединенная электросетевая компания», e-mail: butorin_chgau@list.ru.

На основании системного подхода было установлено место технологических присоединений в предмете теории эксплуатации электрооборудования системы электроснабжения. В связи с этим была рассмотрена производственная система для создания какой-либо сельскохозяйственной продукции и показано, что одной из ее частей является

подсистема энергетических ресурсов, важнейшим элементом которой является электрооборудование. Системный подход к обобщенному предмету эксплуатации электрооборудования системы электроснабжения позволил установить в ней место резерва элементов изделий и материалов для монтажа технологических присоединений.

D. Butorin

PLANNING OUTFIT RESERVE TO CONDUCT TECHNOLOGICAL CONNECTIONS IN TERMS OF RURAL ELECTRICITY SYSTEM OPERATION

Key words: *reserves; technological connection; reserve; operating service; electrical grid.*

Authors' personal details

Butorin Dmitry, engineer of open joint-stock company «Moscow Intergrated electric grid company», e-mail: butorin_chgau@list.ru.

On the basis of the system approach the role of technological connections in terms of electric equipment operation theory is defined. In this regard, a production system for any kind of agricultural products is studied and the energy resources subsystem being one of its parts is

described where the most important element is electric equipment. A systematic approach to the general subject of electric equipment operation in power supply system enables to determine the place for outfit reserve and materials to conduct technological connections.

© Буторин Д.В.