

УДК 621.316.13

А.А. Казакул, С.Э. Минеев

### АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УСТРОЙСТВ МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

*Рассматривается технология повышения надежности электроснабжения потребителей с помощью устройств мониторинга параметров воздушной линии. Описан принцип действия устройств УМЛ. Показан возможный порядок оценки целесообразности установки устройств УМЛ в распределительных электрических сетях. Выполнен анализ эффективности этих устройств для нескольких фидеров 10 кВ Амурской энергосистемы.*

*Ключевые слова: устройства мониторинга параметров воздушной линии, недоотпуск электроэнергии, распределительные сети, аварийность.*

### ANALYSIS OF EFFICIENCY OF USING DEVICES FOR MONITORING PARAMETERS OF THE AIRLINE IN THE DISTRIBUTIVE ELECTRICAL NETWORKS

*This article discusses the technology of improving the reliability of power supply to consumers with the help of devices for monitoring overhead line parameters. The principle of operation of UML devices is described. A possible procedure for assessing the feasibility of installing UML devices in electrical distribution is shown. The analysis of the effectiveness of these devices for several feeders 10 kV Amur power system.*

*Key words: undershoot devices monitoring parameters of overhead lines, under-supply of energy, distribution networks, accidents.*

Электроэнергетика оказывает огромное влияние на все сферы жизнедеятельности населения современных городов, поселков и других населенных пунктов. От надежности электроснабжения зависит нормальное функционирование всего хозяйственного комплекса населенного пункта. Одним из факторов, воздействующих на надежность электрических сетей, является надежность работы воздушных и кабельных линий электропередачи (ЛЭП), а также электрооборудования трансформаторных подстанций (ТП). В настоящее время аварийность в электрических сетях довольно высока из-за их значительного износа и недостатка средств на ремонты. Это приводит к нарушению электроснабжения потребителей. Поэтому вопросам повышения надежности электрических сетей необходимо уделять особое внимание.

Дополнительный стимул повышения надежности и сокращения времени простоя потребителей – нормативно-правовые акты, регламентирующие снижение необходимой валовой выручки сетевой компании, если не достигнуты утвержденные показатели уровня надежности [2, 4].

Для снижения времени простоя потребителей, питающихся от разветвленных электрических сетей напряжением 6 – 10 кВ, можно использовать устройства мониторинга параметров воздушной

линии (УМЛ), предназначенные для выявления места повреждения при аварийных ситуациях и сигнализации о месте их возникновения [5, с. 5]. Эффект достигается за счет уменьшения объемов осмотра сетей при отключении разветвленных фидеров 6-10 кВ.

Для оценки возможного экономического эффекта от установки УМЛ предлагается рассчитывать следующие показатели: затраты на осмотр поврежденного фидера; стоимость недоотпуска электроэнергии (упущенная выгода от уменьшения объема транспортируемой электроэнергии).

### Затраты на осмотр поврежденного фидера

Для расчета стоимости осмотра поврежденного фидера использованы нормы времени на ремонт и техническое обслуживание воздушных и кабельных линий, трансформаторных подстанций и распределительных пунктов напряжением 0,4 – 20 кВ [3].

Исходя из протяженности фидеров, были рассчитаны временные и денежные затраты на их осмотр. Для этого рассчитано среднегодовое число отключений и время полного обхода каждого из фидеров до и после установки УМЛ (скорость пешего обхода воздушной линии – 2 км/ч).

### Стоимость недоотпуска электроэнергии

Для определения стоимости недоотпуска электроэнергии рассчитывается средняя вероятность отказа каждого фидера:

$$q = \omega \cdot T_{\text{восст}}, \quad (1)$$

где  $\omega$  – параметр потока отказа, 1/год;  $T_{\text{восст}}$  – время восстановления, ч.

Средняя вероятность отказа фидера определяется исходя из единичных показателей надежности линий электропередач по справочным данным [1]. Исходя из нагрузки фидеров и средней вероятности отказа определены значения недоотпуска электроэнергии в кВт·ч и рублях до установки УМЛ [1, с. 226].

$$W_{\text{до}} = q \cdot P \cdot 8760, \quad (2)$$

где  $q$  – средняя вероятность отказа фидера;  $P$  – мощность фидера, кВт.

$$C_{\text{до}} = W_{\text{до}} \cdot c, \quad (3)$$

где  $W$  – значения недоотпуска электроэнергии, кВт·ч;  $c$  – стоимость 1 кВт·ч (принято 3 руб.).

Для определения недоотпуска электроэнергии в кВт·ч и рублях после установки УМЛ использован коэффициент недоотпуска:

$$k = \frac{T_{\text{нр2}}}{T_{\text{нр1}}}, \quad (4)$$

где  $T_{\text{нр1}}$  – время простоя до установки УМЛ, ч;  $T_{\text{нр2}}$  – время простоя после установки УМЛ, ч.

Используя коэффициент недоотпуска, определяют значения недоотпуска электроэнергии в кВт·ч и рублях после установки УМЛ:

$$W_{\text{после}} = q \cdot P \cdot 8760 \cdot k, \quad (5)$$

$$C_{\text{после}} = W_{\text{после}} \cdot c. \quad (6)$$

### Оценка целесообразности установки УМЛ

Для определения целесообразности установки УМЛ проанализированы отключения фидеров 6 – 10 кВ СП ВЭС и СП ЗЭС филиала АО «ДРСК» «Амурские ЭС».

Исходя из анализа отключений за три последних года, выделены четыре фидера СП ВЭС и СП ЗЭС с наибольшим числом отключений: Ф16 «Михайловка», Ф3 «Городская», Ф5 «Городская» и Ф28 «Шимановск». Количественные показатели отключений по этим фидерам приведены в табл. 1.

Таблица 1

## Количество отключений за 2014 – 2016 гг.

Фидеры	Количество отключений		
	2014 г.	2015 г.	2016 г.
Ф16 «Михайловка»	4	2	4
Ф3 «Городская»	7	11	5
Ф5 «Городская»	2	12	8
Ф28 «Шимановск»	1	1	4

Затраты на осмотр поврежденного фидера до установки УМЛ (на основании однолинейных схем фидеров и стоимости обхода одного километра линии) приведены в табл. 2.

Таблица 2

## Затраты на осмотр поврежденного фидера до установки УМЛ

Присоединение	Суммарная длина фидера, км	Время обхода, ч	Стоимость обхода, руб.
Ф16 «Михайловка»	57	28,53	130530
Ф3 «Городская»	7,2	3,60	37922,4
Ф5 «Городская»	14,8	7,40	74562,4
Ф28 «Шимановск»	46,5	23,25	63891

Затраты на осмотр поврежденного фидера после установки УМЛ определены с учетом допущения, что после установки УМЛ максимальная длина осмотра поврежденного фидера уменьшится благодаря наиболее точному определению места повреждения. Оперативной бригаде будет необходимо осмотреть только поврежденный участок (выявленный с помощью УМЛ), а не весь фидер целиком. В расчете после установки УМЛ принимался только наиболее протяженный участок фидера. Пример расстановки УМЛ на Ф16 ПС «Михайловка» приведен на рис. 1.

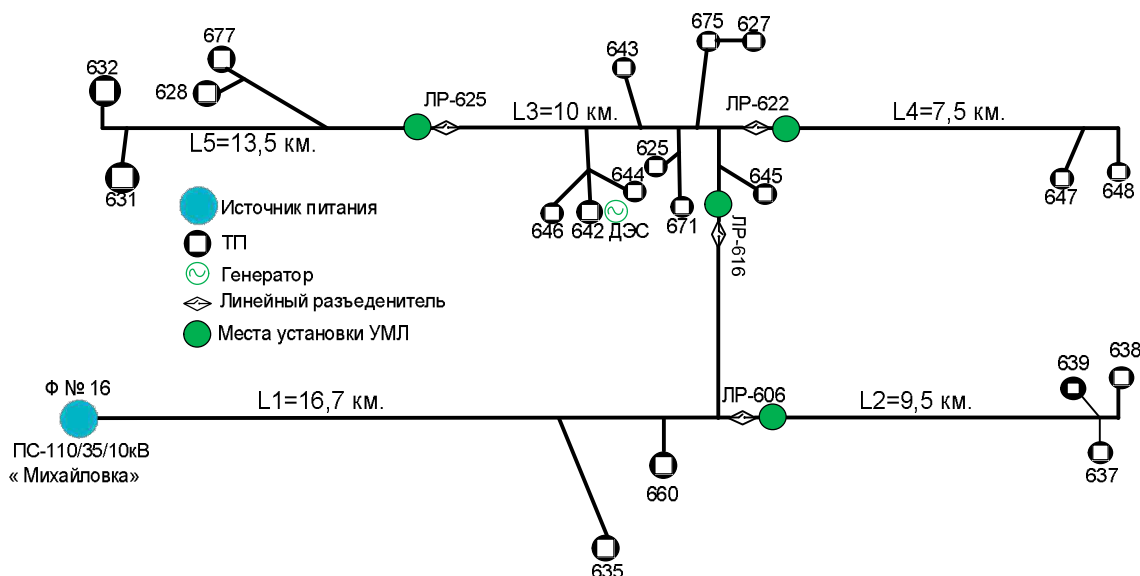


Рис.1. Установка УМЛ на Ф16 ПС «Михайловка».

Результаты расчета затрат на осмотр поврежденного фидера после установки УМЛ показаны в табл. 3.

Таблица 3

## Затраты на осмотр поврежденного фидера после установки УМЛ

Присоединение	Длина самого большого участка, км	После установки	
		Время обхода, ч	Стоимость обхода, руб.
Ф16 «Михайловка»	16,66	8,33	19075,7
Ф3 «Городская»	3,8	1,90	10007,3
Ф5 «Городская»	3,45	3,45	17381,1
Ф28 «Шимановск»	21,5	10,75	14770,5

## Влияние на недоотпуск электроэнергии

Результаты расчета эффекта от вероятного снижения недоотпуска до и после установки УМЛ показаны в табл. 4.

Таблица 4

## Расчет эффекта от вероятного снижения недоотпуска до и после установки УМЛ

Присоединение	До установки УМЛ		После установки УМЛ	
	недоотпуск, W кВт·ч	стоимость недоотпуска, руб.	недоотпуск, W кВт·ч	стоимость недоотпуска, руб.
Ф16 «Михайловка»	3893,50	11680,49	1136,80	3410,39
Ф3 «Городская»	3306,06	9918,17	1744,86	5234,59
Ф5 «Городская»	2639,69	7919,06	1230,66	3691,99
Ф28 «Шимановск»	9528,82	28586,47	4405,80	13217,40

Итоговые затраты без учета стоимости комплектов УМЛ до и после установки УМЛ приведены в табл. 5.

Таблица 5

## Расчет суммарных затрат до и после установки УМЛ

Присоединение	Суммарные вероятные затраты на обходы и недоотпуск до установки УМЛ, руб.	Суммарные вероятные затраты на обходы и недоотпуск после установки УМЛ, руб.	Снижение затрат на обслуживание фидера и его недоотпуска, %
Ф16 «Михайловка»	142210,49	22486,09	84,19
Ф3 «Городская»	47840,57	15241,89	68,14
Ф5 «Городская»	82481,46	21073,09	74,45
Ф28 «Шимановск»	92477,47	27987,90	69,74

Для оценки эффективности применения данных устройств сопоставлена стоимость комплекта устройств УМЛ для каждого из фидеров и эффект от их применения. Стоимость определена по данным, полученным от ПАО «Сахалинэнерго».

Стоимость установки УМЛ суммируется из стоимости датчика УМЛ, телекоммуникационного шлюза, адаптера для монтажа УМЛ и пульта УМЛ. Дополнительно рассчитана стоимость установки УМЛ при одновременном внедрении устройств мониторинга параметров воздушной линии.

Для оценки эффективности датчиков УМЛ выбран простой срок окупаемости [6]. Результаты расчета приведены в табл. 6.

Таблица 6

## Оценка эффективности применения устройств УМЛ

Присоединение	Принятое количество датчиков УМЛ	Стоимость комплекта, руб.	Вероятный годовой эффект, руб.	Простой срок окупаемости, год.
Ф16 «Михайловка»	4	373408	119724,4	3,12
Ф3 «Городская»	2	206704	32598,68	6,34
Ф5 «Городская»	2	206704	61408,36	3,37
Ф28 «Шимановск»	2	206704	64489,57	3,21
При одновременном внедрении	10	893320	278221,01	3,21

Таким образом, установка устройств УМЛ положительно сказывается на надежности электропитания потребителей и позволяет более оперативно определить участок повреждения на разветвленных ВЛ. Вследствие этого становится возможным: 1) уменьшить затраты на обход поврежденного фидера (в 2-4 раза); 2) уменьшить количество недоотпущенной электроэнергии (в 2-3,5 раза); 3) уменьшить время простоя потребителей.

1. Китушин, В.Г. Надежность электрических систем. – Часть 1. Теоретические основы. – Новосибирск, 2003. – 250 с.

2. Методические указания по расчету уровня надежности и качества поставляемых товаров и оказываемых услуг для организации по управлению единой национальной (общероссийской) электрической сетью и терри-

ториальных сетевых организаций. Утверждены приказом Министерства энергетики РФ от 29 ноября 2016 г. № 1256

3. Нормы времени на ремонт и техническое обслуживание воздушных и кабельных линий, трансформаторных подстанций и распределительных пунктов напряжением 0,38 – 20 кВ. Утверждены зам. министра топлива и энергетики России А.Л. Самусевым 14.05.1993.

4. Приказ ФСТ РФ от 26.10.2010 № 254-э/1 «Об утверждении методических указаний по расчету и применению понижающих (повышающих) коэффициентов, позволяющих обеспечить соответствие уровня тарифов, установленных для организаций, осуществляющих регулируемую деятельность, уровню надежности и качества поставляемых товаров и оказываемых услуг» (Зарегистрировано в Минюсте РФ 13.11.2010 № 18951).

5. Устройство мониторинга воздушной линии. Руководство по эксплуатации. – Чебоксары, 2015 – 20 с.

6. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д. Л. Файбисовича. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М.: ЭНАС, 2012. – 376 с.: ил.