

УДК 621.316

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ АВТОМАТИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ НА ПРИМЕРЕ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Лунев Михаил Константинович, студент гр.ЭХПм-1-20, VI курс

Научный руководитель: Фетисов Л.В, к.т.н, доцент

Казанский государственный энергетический университет

Г.Казань

В настоящее время наблюдается тенденция роста количества низковольтных коммутационных аппаратов (НКА), срок эксплуатации которых превышает нормы. Проведенный анализ оборудования показал, что у 54% НКА срок эксплуатации выработан, и у 23% процентов срок эксплуатации превышен на 10 лет и более. Критический износ оборудования вызван недостаточным финансированием электросетевого комплекса России в 90-е годы прошлого столетия.

В процессе эксплуатации оборудования систем цехового электроснабжения коммутационные аппараты входят в число основных элементов. К сожалению, во время эксплуатации происходит износ контактов, в результате чего снижается уровень работоспособности автоматических выключателей [2]. На основании исследований и опыта работы можно сказать, контакты низковольтных коммутационных аппаратов являются наиболее ненадежными элементами [1]. Изнашиваться контактные соединения могут как из-за механических воздействий, так и электрических процессов, в основном из-за образования и горения электрической дуги при коммутации цепи. Преобладание того или иного вида износа зависит материала контактов, величины тока, и режиму работы

Основным параметром, влияющим на продолжительность работы автоматических выключателей, является сопротивление контактов [5], так как, жесткость пружин, скорость движения усилия контактов нормируются в определенных пределах. В результате износа сопротивление контактов принимает критическое значение, при котором происходит их отказ[4]. Также конструкция, расположение контактов и интенсивность внешних воздействий влияют на быстроту износа. Величина промежутка времени от возникновения дефекта до аварийного выхода соединения из строя составляет от нескольких месяцев до нескольких лет. Износ элементов внутрицеховых линий электропередачи может повлиять на рост потерь электроэнергии [3].

Чтобы достичь возможного экономического эффекта и снизить потери мощности распределительной сети, представленной на рисунке 1, предлагается произвести замену автоматических выключателей на аналоги до их отказа.

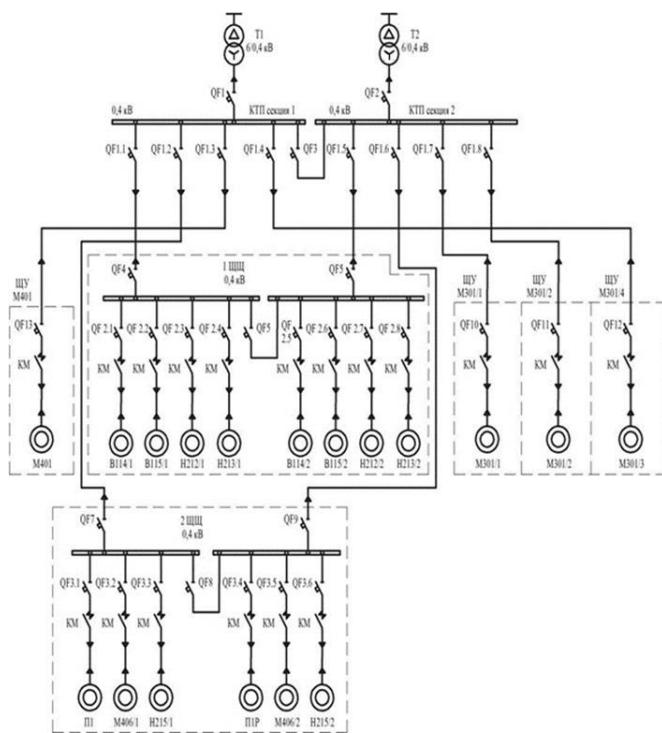


Рис.1. Схема распределительной сети 0,4кВ

Для определения расхода электроэнергии удобно использовать эквивалентное сопротивление исследуемой сети или ее участков с помощью формулы (1)

$$\square W = \frac{R_e^{\text{cp}} P_{\text{cp}}^2 T}{U_{\text{cp}}^2 \cos \varphi_{\text{cp}}^2} \quad (1)$$

где  $P_{\text{cp}}$  средняя мощность приемников электроэнергии, МВт;

$T$ - период времени, ч;  $U_{\text{cp}}$  – напряжение сети, В;  $\cos \varphi_{\text{cp}}$  – средний коэффициент мощности.

С учетом того, что технология производства и число коммутационных устройств остаются неизменными, потери электроэнергии для рассматриваемого участка цеховой сети в 2021 не изменились по сравнению в 2020 гг.

$$\begin{aligned} \frac{\Delta W_{2020}}{\Delta W_{\text{бп}2021}} \times 100\% &= \frac{12,52 \text{МВт}}{356,6 \text{МВт}} \times 100\% = 3,52\%; \\ \frac{\Delta W_{2021}}{\Delta W_{\text{бп}2021}} \times 100\% &= \frac{12,65 \text{МВт}}{360,4 \text{МВт}} \times 100\% = 3,52\% \end{aligned} \quad (2)$$

где  $\Delta W_{2020}$ ,  $\Delta W_{2021}$  – потери электроэнергии за 2020 и 2021 год;

$W_{\text{бп}2020}$ ,  $W_{\text{бп}2021}$  – расход электроэнергии на том же участке за 2020-2021 гг.

С учетом выражения (1) расчетный отпуск электроэнергии составит:

$$W_p = \frac{R_{\vartheta}^{cp} P_{cp}^2 T}{U_{cp}^2 \cos \varphi_{cp}^2} + \frac{R_{\vartheta} P_{cp}^2 T}{U_{cp}^2 \cos \varphi_{cp}^2} \cdot \frac{100}{3,52} \quad (3)$$

Погрешность расчетного отпуска электроэнергии, найденного по формуле (2), приведена в табл. 1.

Таблица 1

Расход электроэнергии по годам

Параметр	Год	
	2020	2021
Отпуск энергии в сеть W, МВт·ч	373,15	374,78
Расчетный отпуск энергии в сеть W <sub>p</sub> , МВт·ч	369,7	370,3
Погрешность, %	-1,03	-1,19

Потери электроэнергии за 2020 г. рассчитываются по выражению (1), где  $P_{cp}^2 = 12,34 \text{ МВт}^2 \times 10^{-3}$ ;  $T = 1980 \text{ ч}$ ;  $U_{cp} = 0,4 \text{ кВ}$ ;  $\cos \varphi_{cp} = 0,59$ ;  $R_{\vartheta}^{cp} = R_{\vartheta 0} = 25,75 \text{ мОм}$

При замене 10 автоматических выключателей, фирмы Siemens представленных в таблице 2, на аналогичные аппараты фирмы IEK, представляется возможность снижения потерь. Это в свою очередь приведет к экономии электропотребления 1015,8 кВт·ч в год замены (табл. 2).

Таблица 2

Сравнение автоматических выключателей

Обозначение	Установленные/ замененные аппараты	Сопротив ление , мОм	Потери мощно сти, Вт	Потери ЭЭ кВт·ч/год
QF 2.1. QF2.5	Siemens	1,1	20,6	331,7
	IEK	1,12	7,2	113,8
QF 2.3. QF2.4	Siemens	0,45	31,8	508,7
	IEK	0,38	10,1	159,7
QF3.1. QF3.4	Siemens	1,68	17,8	286,2
	IEK	1,3	5,2	83,3
QF 3.2	Siemens	6,34	10,7	85,5
	IEK	4,61	2,8	22,5
QF 3.3. QF3.6	Siemens	4,36	12,4	193,5
	IEK	3,03	3,1	49,3
QF 3.5	Siemens	145	6,4	50,1
	IEK	87,5	1,3	11,2
		Siemens	1455,7	
		IEK	439,9	
		Экономия	1015,8	

С учетом замены автоматических выключателей изменение параметров сети представлено в таблице 3.

Таблица 3  
Изменение параметров сети при проведении энергоэффективных мероприятий

Срок эксплуатации, лет		0	2	4	6	8	10	12
Экв. Сопр-е сети, мОм	До	5,74	7,24	8,15	32,38	37,22	42,81	49,24
	После						29,63	32,37
Потери , МВт·ч	До	12,34	3,24	13,68	15,73	18,10	20,81	23,94
	После						14,41	15,74
Отпуск ЭЭ, МВт·ч	До	369,1	369,8	370,3	372,3	374,7	377,4	380,5
	После						371	372,3
Стоимость потерь э/э, тыс. руб.	До	50,07	52,94	54,71	62,94	72,39	83,26	95,78
	После						57,63	62,97

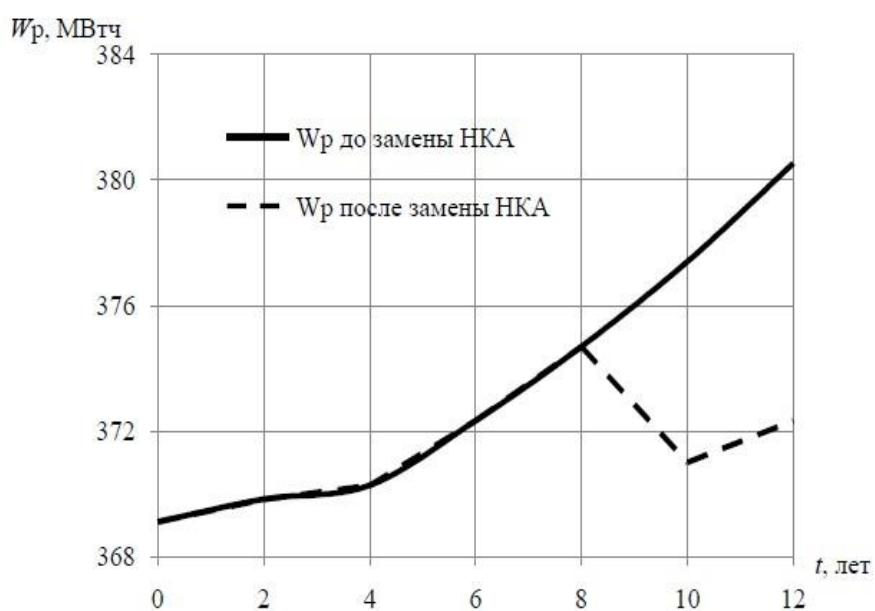


Рис.2. Зависимость отпуска электроэнергии ( $W_p$ ) от времени эксплуатации.

Замена автоматических выключателей при отработке ресурса 80% позволяет достичь экономии в 10,38 т.р при помощи снижения потерь электроэнергии.

## Выводы

1. В ходе работы определена зависимость отпуска электроэнергии от времени эксплуатации автоматических выключателей.
2. Замена автоматических выключателей при отработке ресурса на 80% позволяет снизить эквивалентное сопротивление сети.
3. По итогам проведения технико-экономического анализа энергоэффективных мероприятий удалось выяснить, что замена автоматических выключателей на 80% срока их работы приводит не только к уменьшению потерь электроэнергии, но представляет собой экономию денежных средств.

## Список литературы

1. Рожкова Л. Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций: учебник для сред. проф. образования / Л. Д. Рожкова, Л. К. Карнеева, Т. В. Чиркова. М.: Издательский центр «Академия», 2013. 448 с.
2. Акимов Е.Г. Силовые автоматические выключатели: обзор рынка и перспективы развития / Е.Г. Акимов // Новое в российской электроэнергетике. 2018. № 4. С. 33–50.
3. Егоров Е.Г. Испытания и исследования низковольтных коммутационных электрических аппаратов. Чебоксары.: Чуваш. ун-т, 2000. 448 с
4. Иванова В.Р. Обзор современных устройств релейной защиты. Автоматики и измерительных преобразователей, используемых при модернизации электротехнических комплексов и систем / В.Р. Иванова В.В. Новокрещенов, И.Ю. Иванов // Материалы докладов XIV международной молодежной научной конференции «Тинчуринские чтения». Казань: КГЭУ, 2019. Т.1. Ч. 2. С. 81 -85..
5. Курбатов П.А. Электрические и электронные аппараты : учебник и практикум для академического бакалавриата / П. А. Курбатов [и др.] ; под редакцией П. А. Курбатова. — Москва : Издательство Юрайт, 2016. — 440 с.
6. Таев И.С. Электрические аппараты. Общая теория. М.: Энергия, 1977. 272 с
7. Таев, И.С. Основы теории электрических аппаратов: учебник для вузов по специальности "Электрические аппараты". / И.С. Таев, Б.К. Буль, В.Г. Дегтярь, А. А Чунихин. - М.: Альянс, 2016. - 352 с.
7. Сибикин Ю.Д. Техническое обслуживание, ремонт электрооборудования и сетей промышленных предприятий: В 2 кн.: Кн. 1 - М.: Академия, 2015.