

**БАЙРАМОВ МУБАРИЗ ПИРВЕЛЕД ОГЛЫ**

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ НА ОСНОВЕ МОНИТОРИНГА  
ЕЕ СОСТОЯНИЯ**

Специальность 3341.01 – Электрические станции (электрическая часть) и электроэнергетические системы

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
доктора философии по технике

**БАКУ – 2016**



## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность проблемы.** В настоящее время мониторинг воздушных линий (ВЛ) осуществляется оперативными и ремонтными бригадами. Применение для мониторинга состояния ВЛ современных систем позволяет отказаться от визуального осмотра, а передача информации происходит по радио связи, каналами спутниковой навигационной системы и специализированными цифровыми системами с соответствующим программным обеспечением. В результате повышается эффективность работы воздушной линии, качество и надежность электроснабжения потребителей.

Для оценки состояния ВЛ используются прямые и косвенные методы. Прямые методы используют информацию о провисе провода и температуре из точек измерения исследуемого объекта. Другой метод оценки температуры провода заключается в использовании метеорологических параметров и тока системы.

Для оценки состояния проводов ВЛ предложены модели IEEE и СИГРЭ.

Применение современных акустических, оптических, тепловизионных, электрохимических и электрофизических контрольных приборов позволяет получить полную информацию о состоянии ВЛ в процессе ее работы.

Определение активного сопротивления проводов с учетом рабочего тока, температуры окружающей среды и скорости ветра повышает точность расчета переменных потерь ЭЭ.

Перспективным способом повышения точности расчета удельного активного сопротивления является автоматическая регистрация температуры с использованием специализированных цифровых приборов. Другим направлением можно считать использование информации из автоматизированных метеорологических участков и оперативный контроль нагрузочных токов.

Анализ эффективности использования линии электропередачи показал, что существующие способы не отвечают современным требованиям развития науки и техники.

Поэтому требуется моделирование температуры проводов ВЛ в зависимости от токовой нагрузки, температуры окружающей среды и других метеорологических факторов.

Мониторинг температуры проводов для повышения эффективности использования воздушных линий на основе математического и компьютерного моделирования и применения современных информационно-коммуникационных технологий является актуальной задачей.

Исследование влияния метеорологических параметров и повышение эффективности использования воздушных линий отражено в трудах Глазунова А.А., Бургсдорфа В.В., Механошина Б.И., Шкапцова В.А., Воротницкого В.Э., Никифорова Е.П., Осики Л.К., Кононова Ю.Г., Мамедярова О.С., Мустафаева Р.И., Керимова А.М., Баламетова А.Б. и других ученых.

**Цель работы.** Целью диссертационной работы является разработка алгоритмов повышения эффективности пропускной способности воздушных линий на основе мониторинга их состояния.

Исследования были направлены в основном на решение следующих задач:

1. Анализ недостатков по отдельным элементам ЛЭП и исследование способов повышения эффективности использования
2. Моделирование зависимости удельного активного сопротивления проводов воздушных линий от метео факторов
3. Получение зависимости моделирование температуры проводов ВЛ в зависимости от токовой нагрузки, температуры окружающей среды и скорости ветра
4. Моделирование зависимости габарита воздушной линии от метеорологических параметров и исследование возможности повышения пропускной способности
5. Исследование возможности оперативного регулирования пропускной способности ВЛ путем использования регрессионных моделей зависимости температуры и габаритов воздушной линии от температуры воздуха и скорости ветра.

**Методы исследования.** При решении поставленных задач в диссертации использованы основные положения теории электрических систем, численных методов.

**Научная новизна** полученных результатов заключается в разработке алгоритмов моделирования оценки состояния проводов воздушных линий в зависимости от токовой нагрузки и метеорологических факторов.

#### **Основные научные результаты, полученные в диссертации:**

1. В результате обзора анализа недостатков по отдельным

элементам ЛЭП и исследования способов повышения эффективности использования установлено, что для повышения эффективности использования воздушных линий требуется мониторинг температуры провода ВЛ с применением современных информационно-коммуникационных технологий.

2. Разработаны методика и алгоритм для расчета удельного активного сопротивления проводов воздушных линий в зависимости от температуры воздуха, рабочего тока и солнечной радиации.

3. Получены зависимости температуры провода от температуры воздуха, рабочего тока и скорости ветра.

4. Разработан алгоритм моделирования изменения габарита воздушной линии в зависимости от метеорологических факторов и токовой нагрузки.

5. Выполнено моделирование зависимости удельного активного сопротивления от метеорологических параметров

6. Получены зависимости провеса проводов в полете от температуры провода для ЛЭП выходящих из ТЭС Шимал и установлена возможность значительного повышения оперативной пропускной способности в зависимости от токовой нагрузки.

**Обоснованность и достоверность полученных результатов обусловлена:** применением численных методов, математического пакета MATLAB, системы программирования Delphi для разработки использованных программных средств.

#### **Основные положения, выносимые на защиту:**

1. Методика и алгоритм расчета удельного активного сопротивления проводов воздушных линий в зависимости от температуры воздуха, рабочего тока и солнечной радиации

2. Зависимости температуры проводов от температуры воздуха, рабочего тока и скорости ветра

3. Алгоритм моделирования изменения габарита воздушной линии в зависимости от метеорологических параметров и токовой нагрузки

4. Алгоритм зависимости удельного активного сопротивления проводов воздушных линий от метеорологических параметров

5. Зависимость провеса проводов в полете от температуры провода для ЛЭП выходящих из ТЭС Шимал

**Практическая ценность** диссертационной работы заключается в реализации алгоритмов зависимости температуры и габарита ЛЭП от метеорологических параметров и токовой нагрузки в виде программного обеспечения, получении зависимостей температуры проводов в зависимости от температуры воздуха, рабочего тока и

скорости ветра для проводов марки АС 70/11, АС 95/16, АС 120/19 и АС 150/24, получении зависимостей температуры и провеса проводов в полете от температуры провода для ЛЭП выходящих из ТЭС Шимал и установлении возможности значительного повышения оперативной пропускной способности этих линий в зависимости от токовой нагрузки.

**Реализация результатов работы.** Предложенные методики и алгоритмы в составе программного комплекса были использованы в распределительных электрических сетях АО Азербээнерджи для мониторинга технических и коммерческих потерь. Получено авторское свидетельство для программного обеспечения расчета удельного активного сопротивления проводов воздушных линий в зависимости от температуры воздуха, рабочего тока и солнечной радиации

**Апробация работы:** Основные положения работы докладывались, обсуждались и получили положительную оценку на:

1. Семинарах АзНИ и ПИ института Энергетики и Азербайджанской Государственной Нефтяной Академии в рамках проводимых научно-исследовательских работ;

2. Республиканской научно-технической конференции «Энергетика Азербайджана в условиях экономических реформ». Баку, ноябрь-1995 г., с. 34-35.

3. Республиканской научно-практической конференции «Рациональное использование энергоресурсов и надежность электрооборудования» посвященной 80-летию Азербайджанской Государственной Нефтяной Академии, Баку, 2000 г;

4. 9th International Conference on “Technical and Physical Problems of Electrical Engineering” (ICTPE-2013), 9-11 September 2013, Istanbul, Turkey.

5. Конференции докторантов и молодых исследователей посвященной 90-летию Гейдара Алиева “Азербайджан 2020: «Перспективы развития нефтегазовой промышленности” Азербайджанская Государственная Нефтяная Академия. Баку-2013 .

6. Конференции докторантов и молодых исследователей. Баку-2014.

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 17 статей, в том числе учебное пособие

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы,

включающего 87 наименований, и приложения. Работа изложена на 142 листах машинописного текста.

Работа частично выполнена в Аз НИ и ПИ Институте Энергетики и является частью исследований, проводимых под руководством д.т.н., проф. Баламетова А.Б.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** диссертационной работы дана общая характеристика работы, показана актуальность, отражены цели и задачи исследования, научная новизна, практическая ценность, структура и объем работы.

**В первой главе** приведен обзор анализа недостатков по отдельным элементам ЛЭП и исследования способов повышения эффективности использования.

Известно, что большая часть перспективных нефтяных и газовых месторождений Азербайджана находится на Каспийском море. Обеспечение нефтегазового производства, которое является сложным технологическим комплексом, требует для своей эффективной работы эффективного электроснабжения.

Системы электроснабжения стационарных платформ технологических комплексов морского нефтяного производства характеризуются значительными мощностями потребителей, применением основных электростанций, резервных и аварийных источников питания, требованиями к надежности электроснабжения

Высокая насыщенность технологических установок для добычи нефти и газа на многочисленных кустовых площадках эстакад, кустовых и индивидуальных основаниях в открытом море, серьезные последствия аварийных отключений обуславливают необходимость обеспечения высокой надежности электроснабжения.

Значимость проблемы повышения надежности электроснабжения объектов морских нефтяных и газовых месторождений Азербайджана непосредственно связана с высокой стоимостью морских промыслов, сложностью выполнения ремонтных работ и тесной взаимосвязью надежности и рентабельности этих объектов.

Отсутствие исходных данных о воздействии волн, определяющих механическую стойкость сетей, сведений о технике крепления опор и подвеске проводов в условиях моря, прокладки подводных кабелей, полная зависимость от погоды и морского транспорта, определяли низкую надежность работы электроустановок.

Максимальное использование пропускной способности воздушных линий может быть достигнуто при наличии достоверной информации

о состоянии линии, включая данные о габаритах проводов до земли, до пересекаемых линий, а также актуальных данных о температуре проводов и плотности протекающего тока.

Опыт эксплуатации систем электроснабжения нефтяных месторождений показывает, что в результате воздействия ветра, давления волн провода и опоры всегда трясутся, а в местах крепления проводов к изоляторам всегда наблюдается обрыв проводов.

С течением времени изоляторы, провода, опоры в результате покрытия сухим нефтяным слоем, смачивания морской водой подвергаются гидрофобному эффекту.

В этой главе диссертационной работы исследованы задачи повышения надежности воздушных линий питающих потребителей электроэнергией.

Рассмотрены задачи математической оценки связанные с ремонтными работами и заменой проводов ВЛ.

Проведен обзор повреждений силовых кабелей, находящихся в агрессивных грунтах, долгожизненности фундаментов железобетонных опор. Проведенный обзор показал, что существующие в данной области способы не отвечают современным требованиям развития науки и техники.

Анализируются современные способы диагностики ЛЭП. Следует отметить, что широкое внедрение современных микропроцессорных систем и каналов связи создают новые возможности по созданию систем диагностического мониторинга ЛЭП для температурного мониторинга и оценки сочтояния ВЛ с целью повышения пропускной способности ЛЭП.

Тепловой баланс провода ЛЭП приведен на рис. 1.

Уравнение теплового баланса провода ЛЭП может быть записано в нижеследующем виде:

$$\frac{dT_{np}}{dt} = \frac{1}{mC_p} \cdot \left[ I^2 R(T_{np}) + Q_{солн} - Q_{конв} - Q_{рад} - Q_{теплпр} - Q_{пов.нат} \right] \quad (1)$$

Здесь  $m$ -масса провода,  $C_p$ - удельная теплоемкость,  $Q_{солн.}$ - количество теплоты, полученное от солнечного излучения,  $Q_{конв.}$ - количество теплоты переданное путем конвекции,  $Q_{рад.}$  количество теплоты переданное в результате радиации,  $Q_{теплпр}$ - количество теплоты переданное в результате теплопроводности,  $Q_{пов.нат.}$ - количество теплоты переданное в результате поверхностного



натяжения,  $R(T_{\text{пр.}})$  - сопротивление провода,  $I$  - сила тока в проводе,  $T_{\text{пр}}$ - температура провода.

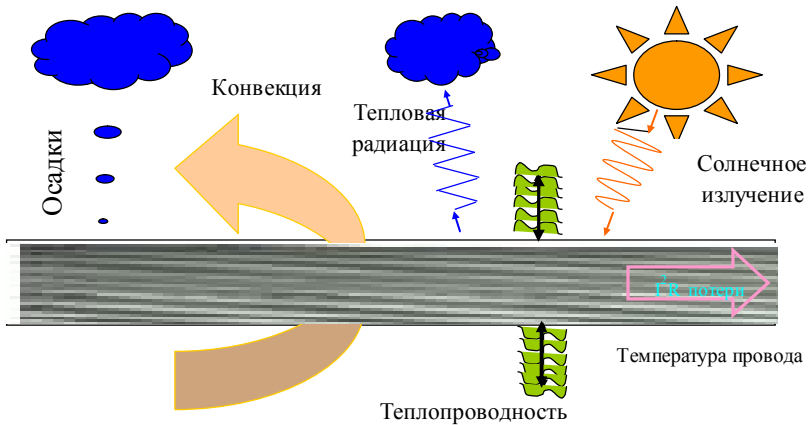


Рис. 1. Тепловой баланс провода ЛЭП.

Суточные колебания температуры связаны с изменением значений поступающей и уходящей солнечной радиации.

Показано, что моделирование температуры провода воздушной линии в зависимости от солнечной радиации, токовой нагрузки и других влияющих (метеорологических) факторов является актуальной задачей. Для повышения эффективности использования воздушных линий требуется мониторинг температуры проводов с применением современных информационно-коммуникационных технологий. ЭЭС с активно-адаптивной сетью представляет собой ЭЭС нового типа.

Анализируются метеоусловия Азербайджана, обоснована важность применения современных систем мониторинга технического состояния воздушных линий в зависимости от метеоусловий (ветер, изморозь, нагрев проводов, габариты) и разработки соответствующих математических моделей.

**Во второй главе** выполнено моделирование температуры проводов воздушных линий. Показано, что одним из направлений повышения точности расчета переменных потерь электроэнергии в воздушных линиях является определение активного сопротивления проводов с учетом рабочего тока в проводе, температуры окружающей среды и скорости ветра

В качестве исходного уравнения для решения поставленных задач принято уравнение теплового баланса провода:

$$0.95 \cdot R_{20} \cdot [1 + \alpha \cdot (t_{np} - 20)] \cdot I^2 = q_{из} + q_k \quad (2)$$

где  $I$  – рабочий ток, А;  $q_{из}$ ,  $q_k$  – соответственно, потери мощности при теплоотдаче лучеиспусканием и конвекцией, Вт/м.

Из уравнения теплового баланса провода получается следующее выражение для токовой нагрузки провода:

$$I = \sqrt{\frac{\varepsilon C_0 (273 + t_{np.})^4 \pi d + \varphi_k [(t_{np.} - t_{рад}) - t_{\sigma}] \pi d}{0.95 \cdot R_{20} \cdot [1 + 0.004 \cdot (t_{np.} - 20)]}} \quad (3)$$

Разработан алгоритм для расчета активного сопротивления с учетом температуры воздуха, токовой нагрузки и скорости ветра. Проведен анализ оценки влияния токовой нагрузки, температуры провода, солнечной радиации и скорости ветра на сопротивление воздушных линий. Получены погрешности расчета переменных суточных потерь ЭЭ.

Для получения зависимостей температуры провода от токовой нагрузки, температуры воздуха и скорости ветра был использован нижеследующий алгоритм:

1. Получаются зависимости тока от температуры провода, скорости ветра и температуры воздуха от минус 40°C до плюс 40°C для заданного провода для конкретных значений  $t_v$ ,  $t_{рад}$ ,  $\nu$  в табличном виде.

2. Полученные зависимости аппроксимируются в областях температур при температуре воздуха от минус 40 до плюс 40°C по формуле:

$$t_{ю} = a_0 + a_1 \cdot I + a_2 \cdot I^2 + a_3 \cdot I^3 \quad (4)$$

Зависимости (4) аппроксимируем в областях температур провода от минус 40 °C до плюс 90°C при температуре воздуха от минус 40°C до плюс 40°C.

Разработана программа «Определение температуры провода ЛЭП в зависимости от метеорологических параметров и токовой нагрузки». На рис 2. приведена блок-схема программы расчета температуры провода ЛЭП в зависимости от метеорологических параметров и токовой нагрузки.

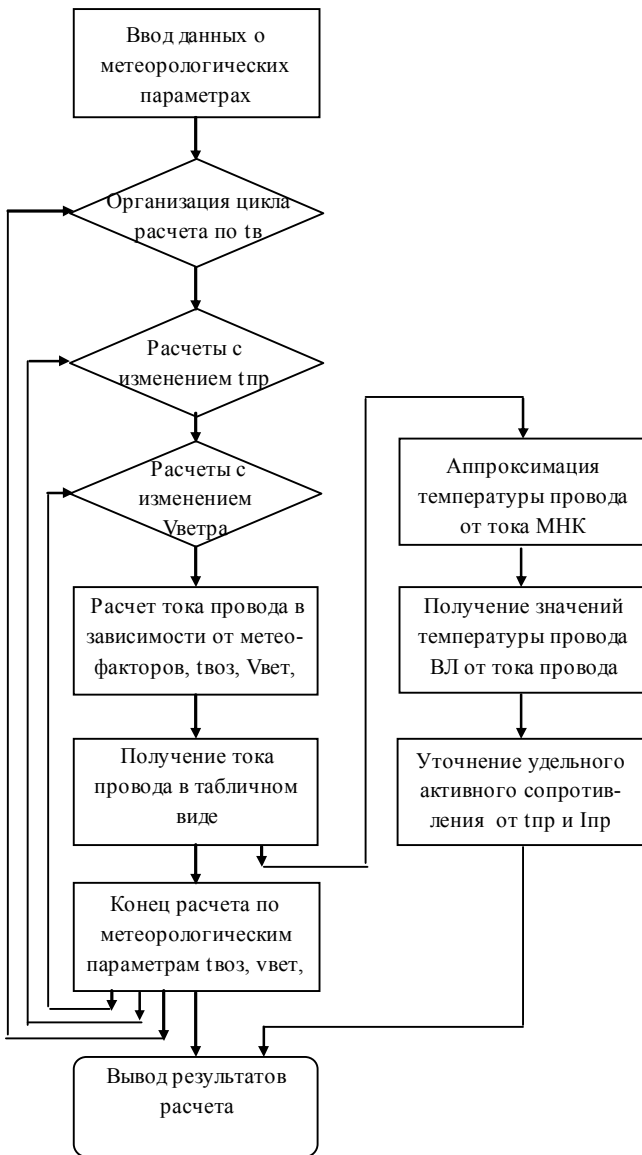


Рис 2. Блок-схема программы расчета температуры провода ЛЭП в зависимости от метеорологических параметров и токовой нагрузки

Таблица 1. Токовые нагрузки провода при заданной температуре провода и температуре воздуха при  $v=0,5$  м/с и  $t_{\text{рад}}=0^{\circ}\text{C}$  (АС 150/24)

№	Температура провода, °S	Токовая нагрузка при заданной температуре воздуха (°C), А								
		-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40
1	-40	90.33								
2	-30	204.33	95.76							
3	-20	268.92	203.2	101.31						
4	-10	316.69	265.85	202.63	106.96					
5	0	355.00	312.56	263.37	202.57	112.71				
6	10	387.05	350.22	309.04	261.45	203.00	118.57			
7	20	414.59	381.87	346.07	306.10	260.07	203.89	124.53		
8	30	438.73	409.17	377.30	342.49	303.70	259.18	205.22	130.59	
9	40	460.18	433.16	404.35	373.31	339.46	301.82	258.78	206.96	136.74
10	50	479.46	454.55	428.19	400.09	369.87	336.95	300.43	258.82	209.09
11	60	496.98	473.84	449.50	423.77	396.38	366.94	334.93	299.52	259.31
12	70	513.01	491.39	468.77	445.00	419.89	393.18	364.51	333.39	299.05
13	80	527.8	507.5	486.35	464.24	441.02	416.51	390.46	362.55	332.30
14	90	541.52	522.39	502.52	481.83	460.22	437.54	413.61	388.22	361.04

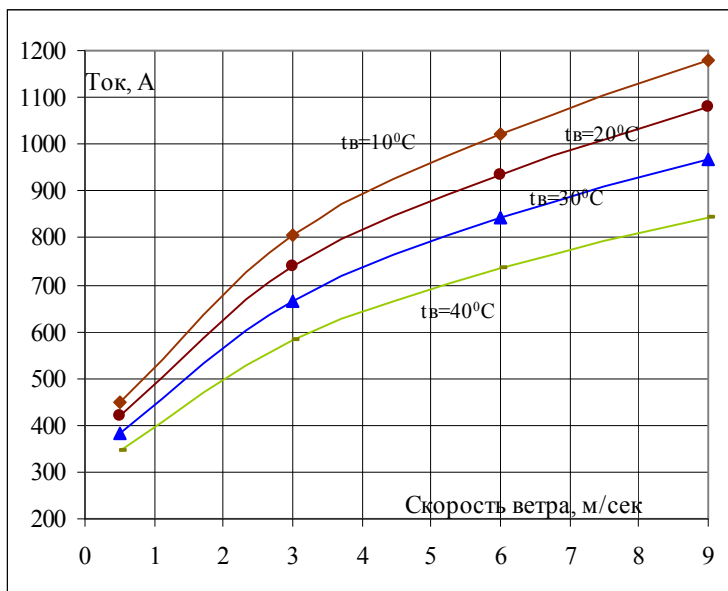


Рис. 3. Зависимости допустимого тока ВЛ от скорости ветра

В таблице 1 приведены значения температуры провода для диапазона токов 110-350 А и температуры воздуха от минус 40°С до плюс 40°С.

Для ЛЭП 110 кВ Шимал 1-я марки провода АС 185 допустимые токовые нагрузки при солнечной радиации  $t_{\text{рад}}=18.5^{\circ}\text{C}$  и температуре воздуха 10, 20, 30, 40°С в зависимости от скорости ветра приводятся на рис. 3.

В этой главе диссертационной работы выполнена также оценка погрешности от неучета метеоусловий при расчете переменной части потерь электроэнергии в воздушной линии.

Анализ годовых потерь ЭЭ и расчетных погрешностей проводился на основе трех вариантов с учетом минимального и максимального значения токовой нагрузки.

Зависимость удельного активного сопротивления провода АС 70/11 от токовой нагрузки при скорости ветра 0.5 м/сек,  $t_{\text{воз}}=20^{\circ}\text{C}$ ,  $t_{\text{рад}}=0^{\circ}\text{C}$  приведена на рис. 4.

Установлено, что при скорости ветра 5.0 м/с расчет суточных переменных потерь ЭЭ приводит к погрешности до 26%. При расчете

годовых переменных потерь электроэнергии для провода АС 120/27 при скорости ветра 5.0 м/с относительные погрешности не превышают минус 0,7%; соответственно для расчета годовых переменных потерь электроэнергии достаточно учитывать температуру воздуха.

Для проводов АС-70 и АС-185 произведена оценка расчетных погрешностей переменных потерь электроэнергии в воздушной линии от неучета метеорологических условий.

Расчеты переменной части потерь ЭЭ проводились для ВЛ длиной 1 км

$$\Delta W = 3 \cdot K_{\phi}^2 \cdot \sum_{i=1}^{12} I_{cpi} \cdot R_i \cdot T_i \quad (5)$$

где  $I_{opi}$  – средняя токовая нагрузка провода в  $i$ -м месяце, А;  $T_i$  – число часов в  $i$ -м месяце.

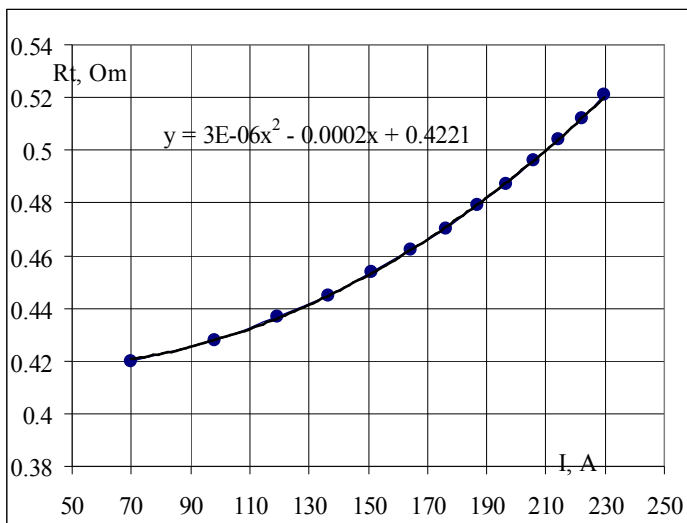


Рис. 4. Зависимость удельного активного сопротивления провода АС 70/11 от токовой нагрузки

При температуре 20°C и удельном сопротивлении 0.42 Ом/км суточные потери ЭЭ равны  $\Delta W_{сут20} = 142.7$  кВт\*час. В первом варианте суточные потери ЭЭ составили  $\Delta W_{сут-1(t)} = 156.62$  кВт\*час, а во втором варианте при максимальном токе 180А потери ЭЭ  $\Delta W_{сут} = 224.97$  кВт\*час и  $\Delta W_{сут-2(t)} = 271.17$  кВт\*час.

**В третьей главе** решена задача расчета предельно допустимой токовой нагрузки и провеса воздушной линии (рис. 5).

Мониторинг предельно допустимых значений токовых нагрузок воздушной линии в условиях эксплуатации является способом безопасного и надежного повышения пропускной способности.

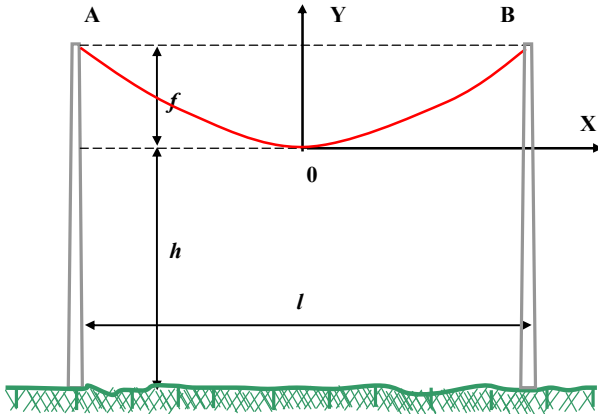


Рис. 5. Зависимость габарита ВЛ 35 кВ в пролете 150 м от нагрузки

Расчетные значения габарита провода определены в зависимости от нагрузки, массы провода и других параметров по уравнению

$$\sigma - \frac{\gamma^2 l^2 E}{24\sigma^2} = \sigma_m - \frac{\gamma_m^2 l^2 E}{24\sigma_m^2} - \alpha E (\vartheta - \vartheta_m) \quad (6)$$

где  $\vartheta$  - температура заданного исходного состояния провода,  $E$  - модуль упругости,  $\sigma$  - напряжение в материале провода,  $l$  - длина провода.

Разработано программное обеспечение для расчета допустимой температуры и провеса провода в пролете в зависимости от метеоусловий.

Разработанное программное обеспечение состоит из нижеследующих блоков:

1. Для температур от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$  составляются уравнения состояния провода, строится и аппроксимируется зависимость провеса  $f_{\text{п}} = f_1(t_{\text{пров}})$ .

2. В установленных интервалах значений  $I_{\text{пров}}$ ,  $t_{\text{воз}}$ ,  $t_{\text{рад}}$ ,  $V$  провода ВЛ строится и аппроксимируется зависимость  $t_{\text{пров}} = f_2(I_{\text{пров}}, t_{\text{воз}}, t_{\text{рад}}, V)$ .

3. По зависимостям полученных в пунктах 1 и 2 строится и аппроксимируется зависимость провеса  $f_3 = f_3(I_{\text{пров}}, t_{\text{воз}}, t_{\text{рад}}, V)$  от токовой нагрузки.

Программное обеспечение может быть использовано при механических расчетах ВЛ, для расчетов провеса провода в зависимости от метеопараметров и токовой нагрузки и оперативного управления эффективностью использования ВЛ.

На рис. 6 приведена графическая зависимость стрелы провеса от тока нагрузки ВЛ 35 кВ с проводами АС-70/11 с длиной пролета 150 м при скорости ветра  $V=0.5$  м/с.

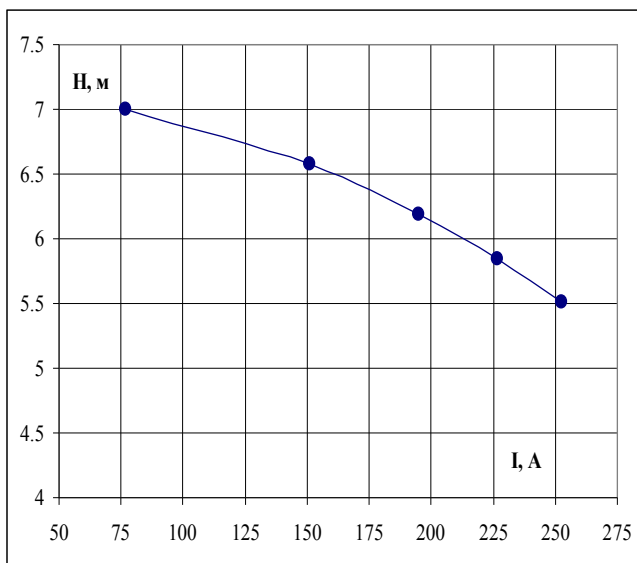


Рис. 6. Зависимость габарита ВЛ 35 кВ с длиной пролета 150 м от токовой нагрузки

Для ВЛ 35 кВ с проводами АС-70/11 предел допустимый токовой нагрузки при обеспечении безопасных габаритов проводов до земли составляет 265 А.

**В четвертой главе** исследована задача повышения эффективности использования воздушной линии на основе мониторинга состояния ЛЭП.

Методы используемые в существующих системах для оценки состояния ВЛ можно разделить на прямые и косвенные (рис. 7).

В прямых методах провес провода и температура оценивается по данным из точек измерения исследуемого объекта (рис. 8). В этом случае основным принципом является определение провеса провода на основе оптических, ультразвуковых и ГИС измерений, а



температуры по тепловым зондам или системам на основе инфракрасных лучей.

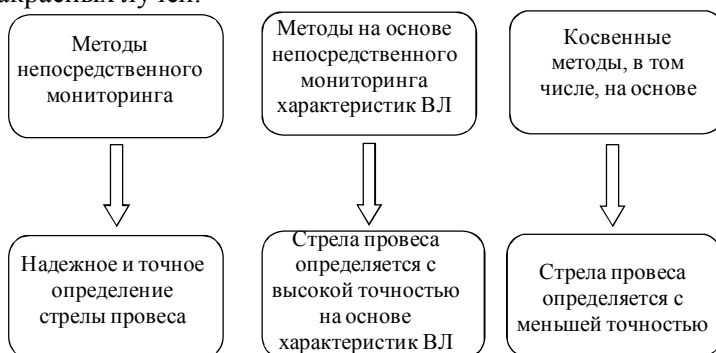


Рис. 7. Методы оценки состояния ЛЭП



Рис. 8. Оценка состояния ВЛ на основе метеорологических измерений

Получены регрессионные модели температуры и провеса ВЛ. Численное моделирование температуры ЛЭП по метеоданным позволяет практическое использование этих моделей. В результате использования регрессионных моделей повышается наглядность и гибкость управления. Поэтому в диссертационной работе для оперативного повышения эффективности использования ЛЭП рассмотрены линейные регрессионные модели.

Для оценки температуры провода предложена нижеприведенная модель:

$$t_{пров} = a_0 + a_1 \cdot t_{воз} + a_2 \cdot V_{вет}^2 + a_3 \cdot t_{рад} + a_4 \cdot I_{пров}^2 \quad (7)$$

Предложена регрессионная модель для оценки провеса провода на основе уравнения состояния провода с использованием регрессионной

модели полученной для температуры провода:

$$F_{\text{sal}} = b_0 + b_1 \cdot t_{\text{hava}} + b_2 \cdot V_{\text{hava}} + b_3 \cdot t_{\text{rad}} + b_4 \cdot I_{\text{meft}} \quad (8)$$

Были проведены расчеты с целью построения плана имитационного моделирования активных экспериментов для получения коэффициентов регрессионных моделей методом наименьших квадратов.

Учитывая большое влияние ветра на интервалах малых скоростей (0.5-1.5 м/сек) рассмотрена задача получения регрессионных моделей по частям.

Приведены полученные регрессионные модели и результаты влияния метео показателей на параметры ЛЭП на примере провода марки АС 185/29.

Установлено, что 10%-я погрешность оценки температуры воздуха приводит к такой же погрешности в результатах. Неучет тучей приводит к погрешности на несколько процентов. Полное солнечное затмение приводит к 18%-й погрешности. Увеличение скорости ветра на 1 м/сек при углах между скоростью ветра и проводом 45°С повышает охлаждение на 35%, а при 90°С на 44%.

На основе информации, о техническом состоянии линий путем регулирования напряжения и увеличением габаритов до земли, установлена возможность значительного повышения оперативной пропускной способности и произведена оценка экономической эффективности.

Произведена оценка зависимости пропускной способности от солнечной радиации, температуры воздуха и скорости ветра на примерах ВЛ 110 кВ марки АС-185 выходящих из ТЭС Шимал при допустимой температуре провода  $t_{\text{доп}}=70^{\circ}\text{C}$ . Установлено, что пропускная способность при солнечной радиации 18.5°С в зависимости от метеофакторов изменяется в пределах 1÷4.31, а при солнечной радиации 0°С в пределах 1÷3.7.

Возможности повышения пропускной способности увеличиваются с понижением температуры воздуха, солнечной радиации и с возрастанием скорости ветра.

Ожидаемый экономический эффект от повышения пропускной способности может быть сравнен с возможностью эксплуатации ЭС без дополнительного построения ВЛ длиной 15 км. Это равносильно экономии 10000\*15=150000 манат при стоимости построения 10000

манат/км для ВЛ 110 кВ с проводом марки АС-185.

### **Основные результаты работы**

1. В результате обзора анализа недостатков по отдельным элементам ЛЭП и исследования способов повышения эффективности использования установлено, что для повышения эффективности использования воздушных линий требуется мониторинг температуры провода ВЛ с применением современных информационно-коммуникационных технологий.

2. Разработаны алгоритм и программа для расчета удельного активного сопротивления проводов воздушных линий в зависимости от температуры воздуха, рабочего тока и солнечной радиации.

3. Получены зависимости температуры проводов в зависимости от температуры воздуха, рабочего тока и скорости ветра для проводов марки АС 70/11, АС 95/16, АС 120/19 и АС 150/24, и произведена оценка изменения потерь ЭЭ.

4. Разработан алгоритм моделирования изменения габарита воздушной линии в зависимости от метеорологических факторов и токовой нагрузки, реализованный в виде программного обеспечения.

5. Предложено для оценки состояния использование регрессионных моделей зависимости температуры и габарита провода ВЛ от температуры воздуха, рабочего тока и скорости ветра, разработаны соответствующие алгоритм и программа. Регрессионные модели обеспечивают оперативную оценку возможности повышения пропускной способности

6. На примерах ВЛ 110 кВ выходящих из ТЭС Шимал на основе информации о техническом состоянии линий соблюдая габариты до земли, установлена возможность значительного повышения оперативной пропускной способности и произведена оценка экономической эффективности.

### **Основные результаты работы опубликованы в нижеследующих статьях:**

#### **Учебное пособие**

1. Kərimov A.M., Talibov A.Ə., Bayramov M.P. Elektrik veriliş xəttinin mexaniki hissəsi. Azərbaycan Respublikası Təhsil Nazirliyi. ADNA-2010. 103 səh.

## Статья

2. Ağayev A.D., Bayramov M.P. Aqressiv torpaqlarda yerləşən güc kabellərinin zədələnməsinin təhlili. İnformasiya vərəqi. AR İİN, A ET ETİ və TİTİ, № 9-2006. s.1-4.

3. Ağayev A.D., Bayramov M.R. Apşeron yarımadasının aqressiv zonalarında yerləşən hava xətlərində polad dayaqların dəmir-beton özüllərinin etibarlılığının artırılması. Energetikanın problemləri. № 3-4. 2006, s. 97-101.

4. Bayramov M.P. Elektrik veriliş xəttinin günəş radiasiyasından yaranan qızmanı nəzərə almaqla hüdudi buraxıla bilən yükünün hesablanması. Energetikanın problemləri. 2013 № 1, 32-37.

5. Bayramov M.P. Elektrik veriliş xəttinin qızmanı nəzərə almaqla buraxıla bilən yükünün hesablanması. "Azərbaycan 2020: neft-qaz sənayesinin inkişaf perspektivləri" Doktorantların və gənc tədqiqatçıların Həydər Əliyevin anadan olmasının 90-illiyinə həsr olunmuş konfransının materialları. ADNA. Bakı-2013, səh. 167-169.

6. Баламетов А.Б., Байрамов М.П., Хəйлилов Е.Д. Hava xətti məftilinin temperaturunun meteoroloji təsirlərdən və yükündən asılı olaraq təyin edilməsi proqramı. Azərbaycan Respublikası Müəllif Hüquqları Agentliyi. Şəhadatnamə № 7202, qeydiyyat nömrəsi 01/C-6137-12, qeydiyyat tarixi 14.02.2014.

7. Əliyev A.Q., Qasimov R.A., Zöhrabov A.E., Bayramov M.P. Reaktiv gücün kompensasiyası əsasında elektrik sisteminin texniki-iqtisadi göstəricilərinin yaxşılaşdırılması. Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərinin xəbərləri. № 4(80). Bakı-2012. s.61-65.

8. Kərimov A.M., Ağayev A.D., Bayramov M. P. Dəniz neft mədənlərində tətbiq edilən polad dayaqların etibarlılığının artırılması. Energetikanın problemləri. № 2. 2007.s.49-55.

9. Kərimov A.M., Ağayev A.D., Bayramov M.P. Dəniz neft mədənlərində tətbiq edilən polad dayaqların atmosfer korroziyasından mühafizəsi. Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərinin xəbərləri. № 4(56). Bakı-2008. s.78-81.

10. Kərimov A.M., Ağayev A.D., Bayramov M.P., Məmmədzadə K.Ə. Aqressiv torpaqlarda yerləşən güc kabellərin dayanıqlığı. Azərbaycan Dövlət Neft Akademiyasının 80 illiyinə həsr olunmuş "Enerji ehtiyatlarından rəasional istifadə olunması və elektrik avadanlığının etibarlılığı" üzrə respublika elmi-praktiki konfransı. Məruzələr 7-9 iyun 2000-ci il. Bakı s 272-275.

11. Talıbov A.Ə., Bayramov M.P. Dəniz neft mədənlərinin elektrik təchizatı xətlərində baş verən zədələnmələrin təhlili. Azərbaycan Ali

Texniki Məktəblərinin xəbərləri. № 6(58). Bakı-2008. s.39-43.

12. Talıbov A.Ə., Bayramov M.P. Neft mədənlərini qidalandıran elektrik veriliş xətlərinin etiballığının modelləşdirilməsi. Azərbaycan Ali Texniki Məktəblərinin xəbərləri. № 4(68). Bakı-2010. s.47-49.

13. Байрамов М. П. О повышении эффективности использования воздушных линий на основе мониторинга их состояния. Нефть, Газ и Бизнес. 2013 № 5, с. 67-70.

14. Баламетов А.Б., Байрамов М. П. Моделирование температуры провода для расчета потерь электроэнергии воздушных линий. Проблемы энергетики 2013 № 2, с. 4-12.

15. Керимов А.М., Агаев А.Д., Киреева Н.И., Байрамов М.П. Математическая оценка необходимости выполнения ремонтных работ связанных с заменой элементов заземляющих устройств. Ученые записки №1, АГНА, Баку 1994.с.24-26.

16. Керимов А.М., Агаев А.Д., Алибеков Д.С., Байрамов М.П. Диагностика технического состояния заземляющих проводников и их соединений. Информационный листок. ГК НТ АР, Ах НИИ НТИ и ТЭИ. № 6, 2001 г., с. 1-4.

17. Balametov A.B, Bayramov M.P. Efficiency Increasing of airlines using on the basis of condition monitoring. 9th International Conference on "Technical and Physical Problems of Electrical Engineering" (ICTPE-2013), 9-11 September 2013, Istanbul, Turkey, p.p. 355-357.

18. Баламетов А.Б., Мусаханова Г.С., Байрамов М.П., Мамедов С.Г. Комплекс программ расчета анализа и планирования потерь энергии в распределительных электрических сетях энергосистем на ПЭВМ. Тезисы докладов республиканской научно-технической конференции «Энергетика Азербайджана в условиях экономических реформ». г .Баку, ноябрь-1995 г., с. 34-35.

19. Баламетов А.Б., Байрамов М. П. Məftillərin vəziyyətinin monitorinqinə əsasən hava xətlərinin istifadəsinin effektivliyinin artırılması. Energetikanın problemləri 2014 № 1. səh. 6-12

# **BAYRAMOV MÜBARİZ PIRVƏLƏD OĞLU**

## **ELEKTRİK VERİLİŞ XƏTTİNİN VƏZİYYƏTİNİN MONİTORİNQI ƏSASINDA İSTİFADƏSİNİN EFFEKTİVLİYİNİN ARTIRILMASI**

### **ANNOTASIYA**

Dissertasiya işində məftilin temperaturu və HX qabaritinin monitorinqi əsasında elektrik veriliş xəttinin istifadəsinin effektivliyinin artırılması məsələləri tədqiq olunmuşdur.

Hava xətti məftillərinin temperaturunun və xüsusi aktiv müqavimətinin havanın temperaturu, küləyin sürəti, işçi cərəyanı və günəş radiasiyasından asılı olaraq hesablanması üçün metodika, alqoritm və proqram təminatı işlənib hazırlanmışdır. İşlənib hazırlanmış proqram təminatı üçün müəlliflik şəhadətnaməsi alınmışdır.

Müxtəlif konstruksiyalı polad-alümin məftillərin temperaturun havanın temperaturundan, cərəyan yükündən və küləyin sürətindən asılılıqları alınmışdır.

Hava xətti məftillərinin qabaritinin meteoroloji parametrlərdən və işçi cərəyandan asılılığını modelləşdirmək üçün metodika və alqoritm işlənib hazırlanmışdır. Bu metodikada proqram təminatı şəklində realizə olunmuşdur.

HX məftillərinin temperaturun və qabaritinin havanın temperaturundan, günəşin radiasiyasından və küləyin sürətindən asılı olaraq regressiya modelləri vasitəsilə qiymətləndirməsi təklif olunmuş, alqoritm və proqramı işlənmişdir. Regressiya modelləri yük ötürmə qabiliyyətinin artırılması imkanının operativ qiymətləndirilməsini təmin edir.

Təklif olunmuş modellər İES dan çıxan 110 kV-luq HX nümunələrində aprobeşiyadan olunmuş və istismar şəraitində bu xətlərin yük ötürmə qabiliyyətinin əlavə olaraq əhəmiyyətli dərəcədə artırılmasının mümkünlüyü müəyyən olunmuşdur.

HX yük ötürmə qabiliyyətinin artırılması hesabına elektrik şəbəkəsinin işinin iqtisadi effektivliyi qiymətləndirilmişdir.

## **BAYRAMOV MUBARIZ PIRVELED**

### **INCREASE OF EFFICIENCY OF USE OF A TRANSMISSION LINE ON THE BASIS OF USE OF MONITORING OF ITS CONDITION**

#### **RESUME**

In dissertational work the problem of increasing power line efficiency based on temperature monitoring overhead wires and dimensions.

The technique, algorithm and software are developed for calculation of temperature of a wire and specific active resistance AL depending on temperature of air, wind speed, solar radiation and working current AL. On the developed software the copyright certificate is received.

Dependences for temperature of steel-aluminum wires of different designs from temperature of air, a working current, and wind speed are received.

The technique, algorithm is developed for modelling of dependence of dimension AL from meteorological parametres and a working current. The given technique also is realised in the form of the software.

For an operative estimation of temperature of a wire and AL conductor clearance depending on temperature of air, speed of a wind, solar radiation and working current AL it is offered using regress models. It is developed algorithm and the program by imitating modelling of temperature and a conductor clearance of an air-line and application of least squares method , are received regress models by imitating modelling of active experiments for temperature and a conductor clearance of an air-line a wire- ground.

The offered models have been approved on AL leaving of power plant Shimal and possibility of substantial increase of throughput of these lines under operating conditions is shown.

An assessment of the economic efficiency of the electrical network due to increased bandwidth overhead.

Əlyazması hüququnda

**BAYRAMOV MÜBARİZ PİRVƏLƏD OĞLU**

**ELEKTRİK VERİLİŞ XƏTTİNİN VƏZİYYƏTİNİN  
MONİTORİNQİ ƏSASINDA İSTİFADƏSİNİN EFFEKTİVLİYİNİN  
ARTIRILMASI**

3341.01 – Elektrik stansiyaları (elektrik hissəsi) və elektroenergetik sistemlər

texnika üzrə fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün  
təqdim olunmuş dissertasiyanın

**AVTOREFERATI**

**Bakı – 2016**