Инженерный вестник Дона, №7(2025)
ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2025/10223

Метод оценки программируемых логических контроллеров, учитывающий потребности производства

Н.В. Богданова, А.А. Фаттахова

Казанский Государственный Энергетический Университет, г. Казань, Россия

Аннотация: Выбор программируемого логического контроллера – одна из самых важных задач при проектировании автоматизированной системы. Современный рынок предлагает множество вариантов, отличных по характеристикам, которые имеют разный приоритет для производства. В работе предлагается метод оценки суммарной эффективности программно-логических контроллеров. При оценке по выбранным характеристикам вводится линейное шкалирование и коэффициенты веса, учитывающие важность параметра для рассматриваемого контроллера по сравнению с другими. Вес параметра при расчете устанавливается при помощи коэффициента. Значения коэффициентов веса могут меняться в зависимости от требований технологического процесса.
Ключевые слова: программируемый логический контроллер, метод оценки эффективности, коэффициент веса, лепестковая диаграмма.

Современное промышленное производство неразрывно связано с системами автоматизации, обеспечивающими его безопасность и эффективную работоспособность. Автоматизированные системы состоят из множества устройств, одним из которых является программируемый логический контроллер (ПЛК). ПЛК способны выполнять задачи полного или частичного управления и контроля процессов на производстве [1]. При проектировании автоматизированной системы одной из важнейших задач является выбор контроллера. Контроллер должен осуществлять функции «мозга» как для производственного оборудования, так и для систем поддержания нормального протекания технологического процесса. В настоящее время на рынке представлено множество вариантов ПЛК от разных производителей. ПЛК отличаются по длительности надежной, бесперебойной работы, возможным условиям эксплуатации, времени отклика, по цене и другим характеристикам. Среди этого многообразия

© Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона», 2007–2025

необходимо выбрать ПЛК, который будет удовлетворять требованиям и условиям конкретной технологической системы [2,3].

На данный момент многие производители ПЛК покинули Российский рынок. Одновременно на их место пришли другие компании, предложившие не мало новых вариантов оборудования и устройств. Процесс выбора усложняется тем, что новые модели часто не могли быть длительно протестированы в условиях производства. Также представленной информации о значениях важнейших характеристик ПЛК, на основании которой заказчик принимает окончательное решение, может быть недостаточно. Поэтому в нашей статье мы сосредоточились на вопросах выбора ПЛК.

Метод выбора контроллера, предлагаемый нами, основывается на оценивании эффективности ПЛК по нескольким выбранным характеристикам. В основе метода лежат базовые принципы прикладной квалиметрии – науки о методах количественной оценки качества различных объектов, в том числе и сложных технических. При осуществлении количественной оценки свойств, характеризующих качество объекта, необходимо учитывать специфику этого объекта, его назначение. Согласно методологическим принципам квалиметрии, на начальном этапе оценки выбранные значимые параметры ПЛК характеризуются определенным количеством баллов. Балльная шкала позволяет привести к одной размерности качественные характеристики, которые в действительности являются совершенно разными по своей природе величинами и могут выражаться разными единицами измерения.

Мы рассмотрели параметры, предложенные в [4]. В отличие от линейного суммирования баллов, примененного в [4] при расчете суммарной эффективности ПЛК, в данной работе предлагается, согласно принципам

© Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона», 2007–2025

квалиметрии, скорректировать степень влияния выбранных показателей качества при помощи введения коэффициента веса. Коэффициент позволяет учесть важность того или иного параметра при выборе ПЛК. В зависимости от важности, «ценности» параметра, его вес может быть увеличен либо уменьшен. Поэтому каждому из выбранных для оценки параметров может быть присвоено значение «веса», в зависимости от потребности конкретного производства. Вес параметра может быть выражен определенным числовым коэффициентом. Таким образом, важнейшие, более «весомые» параметры получают больший приоритет, и их влияние на итоговый результат увеличивается [5].

Для возможности проведения сравнения результатов оценки с уже существующими в нашей работе были рассмотрены ПЛК фирм-производителей АБАК, Siemens (Germany, Munich),Yokogawa (Japan, Tokyo), ОВЕН.

Оценка ПЛК осуществлялась по параметрам, описанным в [6], которые в достаточной мере для иллюстрации предлагаемого метода отражают основные требования заказчика к выбираемому ПЛК. Эти параметры относятся к количественным признакам ПЛК, как продукта промышленного производства, и могут быть выражены численно. Фактически выбранные параметры являются показателями качества ПЛК, значимыми в определенных условиях его эксплуатации [7].

Коэффициент веса параметра присваивался на основании принадлежности параметра к классификационной группе показателей качества продукции. В своей работе мы применяли коэффициенты 1, 2, и 3.

Параметр средней наработки на отказ относится к показателям надежности, которая определяет работоспособность ПЛК, то есть его

© Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона», 2007–2025

способность выполнять заданные функции. Этому параметру был присвоен коэффициент, равный 3.

К показателям экономичности можно отнести параметр потребляемой мощности ПЛК. Так как в условиях промышленного предприятия он не является основным, ему был присвоен коэффициент, равный 1.

Температурный диапазон, в котором способен работать ПЛК, относится к показателям технологичности. Важное значение этот параметр имеет при эксплуатации ПЛК в сложных климатических условиях. Для условий средней полосы весовой коэффициент этого параметра равен 1.

Следующие четыре параметра относятся к показателям стандартизации и унификации. Для количества типов интерфейса и количества подключаемых модулей установим коэффициенты, равные 1. Так как на современном производстве ПЛК часто эксплуатируется с устройствами, работающими по разным типам протоколов, то параметру присвоим коэффициент, равный 3. Время отклика, как один из важнейших параметров качественной работы ПЛК, будет оцениваться коэффициентом 2.

В таблице 1 приведены численные оценки параметров ПЛК в баллах по линейной шкале и с учетом веса параметра.

Таблица № 1

Оценка параметров ПЛК без учета веса параметра

№ п/п	Параметр ПЛК	Вес параметра	АБАК		Siemens		Yokogawa		ОВЕН	
			Линейное значение	С учетом веса	Линейное значение	С учетом веса	Линейное значение	С учетом веса	Линейное значение	С учетом веса
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Средняя наработка на отказ	3	4	12	5	15	4	12	2	6
2	Количество типов интерфейса	1	5	5	4	5	4	4	3	3

© Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона», 2007–2025

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	Количество подключаемых модулей	1	5	5	4	5	2	2	1	1
4	Потребляемая мощность	1	5	5	4	4	3	3	4	4
5	Температурный диапазон	1	5	5	4	5	4	4	4	4
6	Количество протоколов	3	4	12	3	12	7	21	5	15
7	Скорость отклика, мс	2	4	8	5	8	4	8	3	6
Сумма баллов линейно / с учетом веса			32	52	29	54	28	54	22	39

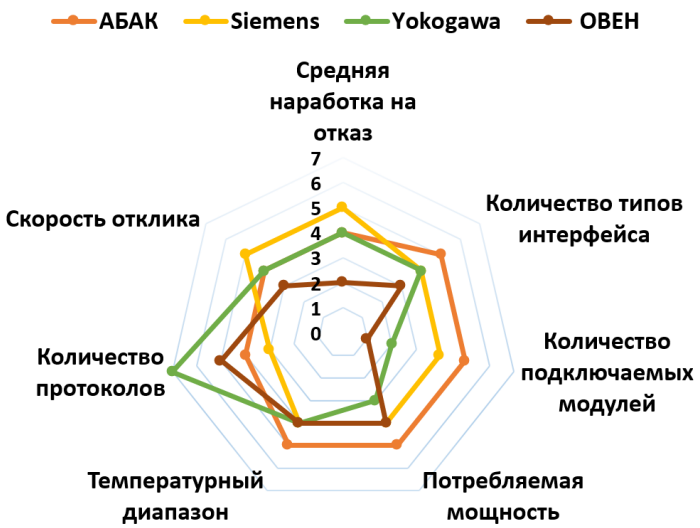

Рис. 1. – Диаграмма оценки ПЛК без учета веса параметра

Для иллюстрации результатов расчетов мы построили лепестковые диаграммы (рис.1, рис.2). Диаграммы этого типа позволяют проводить оценку различных объектов по нескольким разнородным переменным. В нашей работе мы назвали их параметрами оценки ПЛК. Для каждого параметра на диаграмме вводится ось координат, и в данном случае осей

© Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона», 2007–2025

семь. Центральная точка диаграммы, начало координат – это точка, где значение каждого из параметров оценки равно нулю. То есть там находится некий «нулевой ПЛК» - ПЛК, который не удовлетворяет ни одному из требований к изделиям этого типа.

Длина лепестка представляет собой степень выраженности параметра. Применение на начальном этапе расчета линейного шкалирования дает возможность применить при построении одинаковый масштаб по осям. Соединив линиями количественные значения оценок параметров ПЛК каждой из четырех фирм-производителей, мы получим четыре цветных многоугольника. Степень выраженности всех параметров для ПЛК, то есть его суммарная эффективность, может быть вычислена как площадь полученного многоугольника.

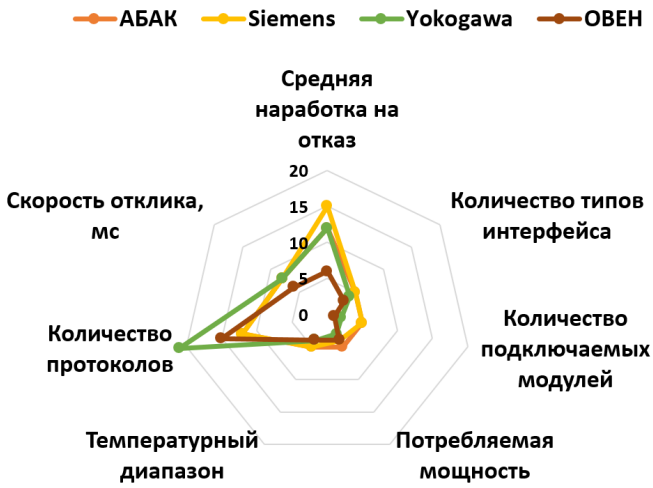

Рис. 2. – Диаграмма оценки ПЛК с учётом веса параметра

Графики демонстрируют различие методов линейного суммирования баллов (рис. 1), и суммирования баллов с учетом веса каждого параметра (рис.2) [8].

Расчет площади лепестковой диаграммы, построенной для ПЛК каждого из производителей, может быть осуществлен по формуле:

© Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона», 2007–2025

$$S = \frac{1}{2} \times \sin\frac{2\pi}{k} \times [a_1 \times a_7 + a_2(a_1 + a_3) + a_4\,(a_3 + a_5\,) + a_6(a_5 + a_7)],$$

где k–число параметров каждого ПЛК, выбранных для суммарной оценки;

a_i – числовое значение i-го параметра.

Результаты расчета значений площади диаграмм представлены в таблице 2.

Таблица № 2

Результаты оценки параметров ПЛК с учетом веса параметра

Площадь диаграммы							
АБАК		Siemens		Yokogawa		ОВЕН	
Линейное значение	С учетом веса	Линейное значение	С учетом веса	Линейное значение	С учетом веса	Линейное значение	С учетом веса
57,444	151,229	46,893	162,562	44,548	164,907	27,354	88,706

По результатам расчета и построения лепестковых диаграмм возможно провести оценку выбранных ПЛК по нескольким, в данном случае по семи, параметрам, влияющим на эффективность ПЛК в целом. Лучшей эффективностью при оценке путем линейного суммирования баллов обладает контроллер марки АБАК. С учетом же влияния веса параметров наибольшую эффективность имеет ПЛК фирмы Yokogawa. Можно сделать следующие выводы:

1. Результаты расчёта с учетом запросов и требований технологического процесса отличаются от результатов линейного суммирования [9].
2. Результаты расчета с учетом веса параметра можно считать более точными, так как параметры, важные для данного производства, наделены большим влиянием [10].
3. Для удобства визуального сравнения результатов расчета при использовании только площадей построенных лепестковых диаграмм необходимо выполнять их построение в одном масштабе.

© Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона», 2007–2025

4. Выбор большего числа параметров для оценки в совокупности с установлением четкой градации значений коэффициентов веса позволит повысить точность результатов расчета суммарной эффективности ПЛК.
5. Предложенный метод может применяться для оценки эффективности любых объектов, для которых могут быть выбраны параметры для оценки и введены коэффициенты веса по каждому из параметров.
6. В нашей работе за нулевую точку на диаграммах был принят так называемый «нулевой ПЛК», для которого значения выбранных параметров равны нулю. Аналогично можно выполнить построение от «идеального ПЛК, у которого все параметры с учетом коэффициента веса имеют максимальное значение.

Кроме того, возможно группировать параметры оценки по какому-либо признаку, при этом располагать их оси соседними на диаграмме. В этом случае улучшаются условия визуализации при оценке влияния группы параметров на суммарную эффективность.

Таким образом, предложенный в данной работе метод расчета применим к техническим объектам и системам для оценки суммарной эффективности. Оценка может проводиться как с учетом коэффициентов веса параметров, так и без него.

Литература

1. Самсонов В. С. Автоматизированные системы управления предприятием массового производства. Москва: Высшая школа, 2018. 350 с.

2. Лизунов И. Н., Васев А. Н., Мисбахов Р. Ш., Федотов В. В., Хузиахметова, Э. А. Технологии передачи данных в современных системах релейной защиты и автоматики и их показатели качества // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики, 2017, 19(1-2), 52-63. URL: doi.org/10.30724/1998-9903-2017-19-1-2-52-63

© Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона», 2007–2025

3. Grigoryuk E.N., Bulkin V.V. Problems of Automation and Management Principles. Information Flow in Manufacturing // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2017, Volume 221, conference 1 URL: doi.org/10.1088/1755-1315/221/1/012006.

4. Сафаров И. М., Богданова Н. В., Латыпов Т. И. Оценка суммарной эффективности программируемых логических контроллеров с цель юреализации политики импортозамещения // Инженерный вестник Дона, 2023, №7. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2023/8563

5. Климов Е. Н., Логинов О. В. Основы методики системно-квалиметрического анализа и сравнительной оценки качества главных судовых дизельных энергетических установок // Труды международного научно-технического семинара "Исследования, проектирование и эксплуатация судовых ДВС" /под ред. //О.К. Безюкова. СПб: ПаркКом. – 2006.– С. 99-104.

6. Сафаров И. М., Богданова Н. В., Латыпов Т. И. Комплексный критерий оценки эффективности программируемых логических контроллеров // Инженерный вестник Дона, 2023, №9. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n9y2023/8706

7. Жданко Д. А., Непарко Д. А. Методы оценки технического уровня машин и оборудования: учебное пособие // Минск : БГАТУ, 2022. – 112 с. ISBN 978-985-25-0193-4

8. Ожогова Е.В., Лубенцова Е.В., Лубенцов В.Ф. Многокритериальный выбор алгоритмов систем управления // Наука. Инновации. Технологии. 2014. №1. URL: cyberleninka.ru/article/n/mnogokriterialnyy-vybor-algoritmov-sistem-upravleniya.

© Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона», 2007–2025

9. Argotti Y., Baron C., Esteban P. Quality quantification in systems engineering from the qualimetry eye // 2019 IEEE International SystemsConference (SysCon). IEEE, 2019. pp. 1-8.

10. Козлов В. Е. Математическое обеспечение обработки рейтинговой информации в задачах экспертного оценивания // Мир измерений. 2012. №. 9.С. 42-49.

References

1. Samsonov V. S., Avtomatizirovannye sistemy upravlenija predprijatiem massovogo proizvodstva [Automated mass production enterprise management systems] Moskva, Vysshaja shkola 2018. 350 p.

2. Lizunov I. N., Vasev A. N., Misbahov R. Sh., Fedotov V. V., Huziahmetova, Je. A. Izvestijav ysshihuchebnyh zavedenij. Problemy jenergetiki, 2017, 19(1-2), pp. 52-63. URL: doi.org/10.30724/1998-9903-2017-19-1-2-52-63.

3. Grigoryuk E.N., Bulkin V.V. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2017, Volume 221, conference 1 URL: doi.org/10.1088/1755-1315/221/1/012006.

4. Safarov I. M., Bogdanova N. V., Latypov T. I. Inzhenernyj vestnik Dona, 2023, №7. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2023/8563.

5. Klimov E. N., Loginov O. V. Osnovy Trudy mezhdunarodnogo nauchno-tehnicheskogo seminara "Issledovanija, proektirovanieije kspluatacija sudovyh DVS" pod red. O.K. Bezjukova. SPb: ParkKom. 2006. pp. 99-104.

6. Safarov I. M., Bogdanova N. V., Latypov T. I. Inzhenernyj vestnik Dona, 2023, №9. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n9y2023/8706.

7. hdanko, D. A. Neparko D. A. Metody ocenki tehnicheskogo urovnja mashin i oborudovanija: uchebnoe posobie[Methods for assessing the technical level of machinery and equipment: a textbook] Minsk : BGATU, 2022. 112 p. ISBN 978-985-25-0193-4.

© Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона», 2007–2025

8. Ozhogova E.V., Lubencova E.V., Lubencov V.F. Nauka. Innovacii. Tehnologii. 2014. №1. URL: cyberleninka.ru/article/n/mnogokriterialnyy-vybor-algoritmov-sistem-upravleniya.

9. Argotti Y., Baron C., Esteban P. 2019 IEEE International Systems Conference (SysCon). IEEE, 2019. pp. 1-8.

10. Kozlov V. E. Mir izmerenij. 2012. №. 9. pp. 42-49.

Дата поступления: 7.05.2025

Дата публикации: 26.06.2025

© Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона», 2007–2025