

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2014년 10월 2일 (02.10.2014)



(10) 국제공개번호
WO 2014/157751 A1

- (51) 국제특허분류:
G06F 19/00 (2011.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2013/002580
- (22) 국제출원일: 2013년 3월 28일 (28.03.2013)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2013-0032982 2013년 3월 27일 (27.03.2013) KR
- (71) 출원인: 부산대학교 산학협력단 (PUSAN NATIONAL UNIVERSITY INDUSTRY-UNIVERSITY COOPERATION FOUNDATION) [KR/KR]; 609-735 부산시 금정구 부산대학교 63번길 2 (장전동, 부산대학교), Busan (KR).
- (72) 발명자: 김창원 (KIM, Chang-won); 609-735 부산시 금정구 장전동 부산대학교 재료관 2502호, Busan (KR). 김예진 (KIM, Yejin); 609-735 부산시 금정구 장전동 부산대학교 재료관 2507호, Busan (KR). 김효수 (KIM, Hyosoo); 609-735 부산시 금정구 장전동 부산대학교 재료관 2507호, Busan (KR). 김민수 (KIM, Minsoo);

609-735 부산시 금정구 장전동 부산대학교 재료관 2507호, Busan (KR). 박문화 (PARK, Moonhwa); 609-735 부산시 금정구 장전동 부산대학교 재료관 2507호, Busan (KR). 신원재 (SHIN, Wonjae); 609-735 부산시 금정구 장전동 부산대학교 재료관 2507호, Busan (KR).

(74) 대리인: 정남진 (JEONG, Namjin); 612-020 부산시 해운대구 센텀중앙로 48, 1004호(우동, 에이스하이테크 21), Busan (KR).

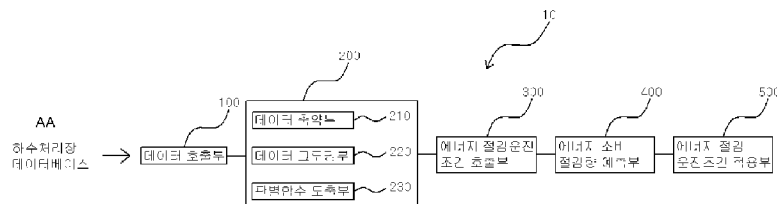
(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM,

[다음 쪽 계속]

(54) Title: ENERGY-SAVING PREDICTION SYSTEM AND METHOD BASED ON DIAGNOSIS OF STATE OF ENERGY CONSUMPTION IN SEWAGE TREATMENT PLANT

(54) 발명의 명칭 : 하수처리장 에너지소비상태 진단에 따른 에너지 절감 예측시스템 및 방법



100 ... Data calling unit
210 ... Data compression unit
220 ... Data grouping unit
230 ... Discriminant function derivation unit
300 ... Energy-saving operating condition calling unit
400 ... Energy consumption reduction prediction unit
500 ... Energy-saving operating condition application unit
AA ... Sewage treatment plant database

(57) Abstract: The present invention relates to an energy-saving prediction system and method based on the diagnosis of the state of energy consumption in a sewage treatment plant. More particularly, the present invention relates to an energy-saving prediction system and method based on the diagnosis of the state of energy consumption in a sewage treatment plant which are capable of: performing qualitative state diagnosis on energy consumption caused by operating equipment, such as a pump and blower, essential for operating the sewage treatment plant; providing a set value for an operating condition which allows energy saving according to the diagnosis result; confirming in advance a consequent decrease in the amount of energy used; and thereby providing a practical operational set value for energy use reduction. Provided according to the present invention is an energy-saving prediction system based on the diagnosis of the state of energy consumption in a sewage treatment plant, the system comprising: a data calling unit for calling data required for the diagnosis of the state of energy consumption from a database for storing influent/effluent water quality data and process operating data on the sewage treatment plant; an energy consumption state diagnosis unit for receiving the data called by the data calling unit, applying a multivariate statistical analysis technique to the called data, extracting information on the state of energy consumption inherent in the called data, and deriving a diagnosis result on the state of energy consumption from the extracted information

[다음 쪽 계속]

WO 2014/157751 A1



KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

규칙 4.17 에 의한 선언서:

— 신규성을 해치지 아니하는 개시 또는 신규성 상실의 예외에 관한 선언 (규칙 4.17(v))

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

on the state of energy consumption; an energy-saving operating condition calling unit for calling a preset operating condition which allows energy saving according to the group which indicates the diagnosis result derived by the energy consumption state diagnosis unit; an energy consumption reduction prediction unit for applying a polynomial regression analysis technique according to the operating condition called by the energy-saving operating condition calling unit and for predicting the amount of energy saved; and an energy-saving operating condition application unit for applying the operating condition predicted by the energy consumption reduction prediction unit to the actuator, including a pump and blower, of the sewage treatment plant.

(57) 요약서: 본 발명은 하수처리장 에너지소비상태 진단에 따른 에너지 절감 예측시스템 및 방법에 관한 것이다. 보다 상세하게 설명하면, 하수처리장 운전에서 필수적인 펌프와 송풍기와 같은 기기의 구동으로 인해 발생하는 에너지 소비에 대한 정성적인 상태 진단을 수행하며, 진단 결과에 따라 에너지 절감이 가능한 운전 조건의 설정치를 제공하여 이에 따른 에너지 사용량의 감소를 사전에 확인하여 에너지 사용 절감을 위한 실질적인 운전 설정치를 제공할 수 있는 하수처리장 에너지소비상태 진단에 따른 에너지 절감 예측시스템 및 방법에 관한 것이다. 본 발명에 의하면, 하수처리장의 유입/유출 수질 데이터 및 공정운영 데이터를 저장하는 데이터베이스로부터 에너지소비상태 진단에 필요한 데이터를 호출하는 데이터호출부; 상기 데이터호출부로부터 호출된 데이터를 전달받아 상기 호출된 데이터에 대해 다변량 통계 분석기법을 적용하여 상기 호출된 데이터에 내재되어 있는 에너지소비상태에 관한 정보를 추출하여 상기 추출된 에너지소비상태에 관한 정보로부터 에너지소비상태 진단결과를 도출하는 에너지소비상태 진단부; 상기 에너지소비상태 진단부로부터 도출된 진단결과를 의미하는 그룹에 따라 사전에 설정된 에너지절감이 가능한 운전조건을 호출하는 에너지절감 운전조건 호출부; 상기 에너지절감 운전조건 호출부로부터 호출된 운전조건에 따라 다항회귀분석기법을 적용하여 에너지 절감량을 예측하는 에너지소비 절감량 예측부; 및 상기 에너지소비 절감량 예측부에 의해 예측된 운전조건을 하수처리장의 펌프 및 송풍기를 포함하는 구동기(actuator)에 적용하는 에너지절감 운전조건 적용부;를 포함하는 하수처리장 에너지소비상태 진단에 따른 에너지 절감 예측시스템을 제공한다.

명세서

발명의 명칭: 하수처리장 에너지소비상태 진단에 따른 에너지 절감 예측시스템 및 방법

기술분야

- [1] 본 발명은 하수처리장 에너지소비상태 진단에 따른 에너지 절감 예측시스템 및 방법에 관한 것이다. 보다 상세하게 설명하면, 하수처리장 운전에 있어 필수적인 펌프와 송풍기와 같은 기기의 구동으로 인해 발생하는 에너지 소비에 대한 정성적인 상태 진단을 수행하며, 진단 결과에 따라 에너지 절감이 가능한 운전 조건의 설정치를 제공하여 이에 따른 에너지 사용량의 감소를 사전에 확인하여 에너지 사용 절감을 위한 실질적인 운전 설정치를 제공할 수 있는 하수처리장 에너지소비상태 진단에 따른 에너지 절감 예측시스템 및 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 하수처리장은 일련의 수처리 설비에서 마지막 처리를 담당하고 있기에, 인간의 활동 및 산업 시스템의 구동 후 발생하는 하수가 주요한 유입 인자이므로, 일반적으로 주민 혐오시설 및 에너지 소비시설로 인식되어 왔다. 이와 같은 인식의 배경에는 완벽히 처리되지 않은 하수가 방류수계로 배출될 경우, 수계 수질 오염을 유발하고, 종래에는 인간이 사용할 수 있는 수자원의 감소를 유발하기에, 처리에 막대한 비용 및 에너지가 소비되더라도 안정적인 처리 성능 유지가 하수처리장의 가장 핵심적인 운전 목표로 설정되어 왔기 때문이다.
- [3] 하지만, 최근 급격한 인구 증가에 따른 에너지 소비량의 증가로 인해, 기존 자원을 절약해야 할 뿐만 아니라 현재 과다하게 소비되고 있는 에너지 사용 시설에 대한 정부차원에서의 규제가 강화되고 있는 시점에서, 대표적인 에너지 소비 시설로 인식되어 왔던 하수처리장에 대해서도 다양한 에너지 절감 방법론이 제기되고 있다.
- [4] 대표적으로, 하수처리장이 포괄하고 있는 부지를 전체적으로 활용할 수 있는 다양한 신재생에너지 기술들이 있다. 태양광, 소수력, 바이오가스 등 신재생에너지 기술들은 하수처리장의 여유 부지 또는 처리 흐름의 약간의 수정으로도 충분히 에너지 생산이 가능한 기술들이다. 이와 같은 기술들과 함께, 최근에는 고효율의 장치를 도입함으로써, 동일한 전력으로도 더 높은 성능을 확보하여 에너지 사용량을 저감할 수 있는 방안도 있다. 비록 시설 설치 및 교체를 위한 초기 투자비가 발생하는 단점이 있지만, 장기적인 측면에서 이와 같은 신재생에너지 기술 및 고효율 장치 도입은 에너지 절감을 위한 효율적인 방법들 중 하나라고 판단할 수 있다.
- [5] 상기 언급된 방법들은 하수처리장의 운영과는 전혀 연계되지 않은 새로운 기술들의 도입이다. 따라서, 에너지 절감을 위해서 처리장 운영 방안에 대한 새로운 대안을 제시하지 않는다면, 최적의 에너지 소비 상태로써 하수처리장이

운영되고 있다고 판단할 수 없다. 이는 하수처리장 운영에 있어 과다하게 소요되고 있는 에너지가 분명히 존재하며, 이와 같은 소비 에너지를 절감하는 것은 언급된 방법들과 같은 추가적인 초기 투자비가 필요하지 않기에, 경제적으로도 큰 기대효과를 얻을 수 있는 방안으로 판단된다.

- [6] 대부분 하수처리장의 운전자는 자신의 경험과 지식에 기반하여 하수처리장의 운영 상태를 진단하고, 안정적인 하수 처리를 최우선으로 고려하기 때문에, 에너지 소비 측면을 고려하지 않고 운전 조건을 과다하게 설정하여 운영하는 경우가 빈번하다. 일례로, 하수처리장의 단위 장치 중 가장 큰 부분을 차지하고 있는 송풍기의 경우, 부하 변동에 따라 적절한 DO(용존산소) 설정값을 제시하고, P, PI 및 PID(Proportional Integral Differential) 제어를 사용하는 일련의 제어를 적용하여 효율적으로 송풍기를 구동하는 사례는 극히 드물다. 대부분의 하수처리장은 고정된 송풍량을 주입하고 있으며, 이로 인해 불필요한 소요 동력이 발생하여 에너지 사용량이 증가되는 경우가 빈번하다.
- [7] 따라서, 현재 하수처리장의 에너지 소비 상태에 대한 정확한 진단을 수행한 이후 도출된 진단 결과에 따라 하수처리장 유출수질에 영향을 주지 않는 범위 내에서 운전 변수의 설정치를 적절하게 조정함으로써 하수처리장 에너지 소비량을 절감할 수 있는 방안이 필요한 상황이다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [8] 본 발명은 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로서, 본 발명은 하수처리장에서 소요되는 에너지의 소비 상태를 진단하고 이에 대한 에너지 절감 운전 조건을 도출하여 정량적인 에너지 절감 수치를 예측하기 위한 시스템 및 방법에 관한 것으로, 하수처리장에서 사용되는 에너지와 관련된 주요 기기들과 연관된 운전 변수 및 기상 조건의 자료를 대상으로 다변량 통계분석들을 수행하여 에너지 소비 상태를 진단하고, 이 결과에 따라 에너지 소비 상태가 높은 경우에 대하여 에너지 절감이 가능한 운전 조건을 호출하여 이를 에너지 소비 예측이 가능한 회귀분석 모델에 적용하여 그 결과를 확인함으로써, 처리장의 에너지 소비를 절감할 수 있는 운전 조건을 제공할 수 있는 하수처리장 에너지소비상태 진단에 따른 에너지 절감 예측시스템 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.

과제 해결 수단

- [9] 본 발명에 의하면, 하수처리장의 유입/유출 수질 데이터 및 공정운영 데이터를 저장하는 데이터베이스로부터 에너지소비상태 진단에 필요한 데이터를 호출하는 데이터호출부; 상기 데이터호출부로부터 호출된 데이터를 전달받아 상기 호출된 데이터에 대해 다변량 통계 분석기법을 적용하여 상기 호출된 데이터에 내재되어 있는 에너지소비상태에 관한 정보를 추출하여 상기 추출된 에너지소비상태에 관한 정보로부터 에너지소비상태 진단결과를 도출하는

- 에너지소비상태 진단부; 상기 에너지소비상태 진단부로부터 도출된 진단결과를 의미하는 그룹에 따라 사전에 설정된 에너지절감이 가능한 운전조건을 호출하는 에너지절감 운전조건 호출부; 상기 에너지절감 운전조건 호출부로부터 호출된 운전조건에 따라 다항회귀분석기법을 적용하여 에너지 절감량을 예측하는 에너지소비 절감량 예측부; 및 상기 에너지소비 절감량 예측부에 의해 예측된 운전조건을 하수처리장의 펌프 및 송풍기를 포함하는 구동기(actuator)에 적용하는 에너지절감 운전조건 적용부;를 포함하는 하수처리장 에너지소비상태 진단에 따른 에너지 절감 예측시스템을 제공한다.
- [10] 한편, 상기 데이터호출부는 개별 하수처리장에서 별도로 운영되고 있는 데이터베이스에 축적되는 과거의 모든 데이터 중 에너지 소비와 연관성이 있는 주요 데이터들을 자동으로 호출하는 것을 특징으로 한다.
- [11] 한편, 상기 에너지소비상태 진단부는 상기 호출된 데이터에 대해 상기 호출된 데이터에 내재되어 있는 에너지소비상태에 관한 정보를 추출하기 위해 상기 호출된 데이터를 축약하는 데이터축약부; 상기 축약된 데이터를 이용하여 현재 에너지소비상태에 관한 진단결과를 도출하기 위해 상기 축약된 데이터를 그룹화하는 데이터그룹화부; 및 상기 그룹화된 데이터에 대하여 새로운 데이터가 어떠한 그룹에 속하는지를 판별하기 위한 수단으로 사용될 판별함수를 Fisher의 선형판별분석을 이용하여 도출하는 판별함수도출부;를 포함하되, 상기 에너지소비상태 진단부는 상기 판별함수도출부에 의해 도출된 판별함수를 이용하여 상기 호출된 데이터의 에너지소비상태 진단결과를 도출하는 것을 특징으로 한다.
- [12] 한편, 상기 에너지절감 운전조건 호출부는 상기 에너지소비상태 진단부로부터 도출된 진단결과를 의미하는 그룹에 따라, 에너지소비상태가 다른 그룹에 비해 높은 그룹에 대하여 DO(용존산소), 슬러지반송유량 및 잉여슬러지유량의 절감을 포함한 에너지절감이 가능한 운전조건을 사전에 설정하여 상기 운전조건의 변화량을 호출하는 것을 특징으로 한다.
- [13] 한편, 상기 다항회귀분석기법은 상기 데이터호출부에 의해 호출된 데이터와 동일한 운전변수를 활용하며, 상기 운전변수에 대해 독립변수와 종속변수로 나누어 에너지 사용량 예측을 하는 모델기법인 것을 특징으로 한다.
- [14] 또한 본 발명에 의하면, 하수처리장의 유입/유출 수질 데이터 및 공정운영 데이터를 저장하는 데이터베이스로부터 에너지소비상태 진단에 필요한 데이터를 호출하는 데이터호출단계; 상기 호출된 데이터를 전달받아 상기 호출된 데이터에 대해 다변량 통계 분석기법을 적용하여 상기 호출된 데이터에 내재되어 있는 에너지소비상태에 관한 정보를 추출하여 상기 추출된 에너지소비상태에 관한 정보로부터 에너지소비상태 진단결과를 도출하는 에너지소비상태 진단단계; 상기 도출된 진단결과를 의미하는 그룹에 따라 사전에 설정된 에너지절감이 가능한 운전조건을 호출하는 에너지절감 운전조건 호출단계; 상기 호출된 운전조건에 따라 다항회귀분석기법을 적용하여 에너지

절감량을 예측하는 에너지 소비 절감량 예측단계; 및 상기 예측된 운전조건을 하수처리장의 펌프 및 송풍기를 포함하는 구동기(actuator)에 적용하는 에너지절감 운전조건 적용단계;를 포함하는 하수처리장 에너지소비상태 진단에 따른 에너지 절감 예측방법을 제공한다.

- [15] 한편, 상기 에너지소비상태 진단단계는 상기 호출된 데이터에 대해 상기 호출된 데이터에 내재되어 있는 에너지소비상태에 관한 정보를 추출하기 위해 상기 호출된 데이터를 축약하고, 상기 축약된 데이터를 이용하여 현재 에너지소비상태에 관한 진단결과를 도출하기 위해 상기 축약된 데이터를 그룹화하고, 상기 그룹화된 데이터에 대하여 새로운 데이터가 어떠한 그룹에 속하는지를 판별하기 위한 수단으로 사용될 판별함수를 Fisher의 선형판별분석을 이용하여 도출하고, 상기 도출된 판별함수를 이용하여 상기 호출된 데이터의 에너지소비상태 진단결과를 도출하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [16] 기존의 하수처리장에서 소요되는 에너지 사용에 대한 진단은 별도의 분석 없이 계절별로 높고 낮음만을 판단하여, 실제 절감 가능한 운전 조건에 대한 명확한 분석이 존재하지 않았지만, 본 발명에서는 다변량 통계 분석 기법들을 적용하여 운전 설정치들이 가지고 있는 정보에 기반하여 에너지 사용 상태가 높음, 중간 및 낮음으로 제시할 수 있으며, 높은 에너지 사용 상태에 대해서는 어떠한 운전 변수의 설정치가 문제가 될 수 있는지에 대한 원인을 제시가능하여, 공정 운전자가 쉽게 현재 사용되고 있는 에너지 상태에 대한 정보를 얻을 수 있는 효과가 있다.
- [17] 또한 본 발명은 정성적인 에너지 사용 상태에 대한 정보 제공에 추가하여, 에너지 절감 예측 모델을 제안함으로써, 조절 가능한 운전 변수의 설정치를 입력 변수로 활용하여 현재 사용되고 있는 에너지량보다 정량적으로 절감 가능한 수치를 제공할 수 있게 되어, 실제 공정에 운전 변수의 설정치를 반영함으로써, 유출수질이 안정적으로 유지됨과 동시에 에너지 사용 측면에서도 효율적인 공정 운영이 가능한 효과가 있다.
- [18] 또한 본 발명에 의한 에너지 절감 예측 모델은 하수처리장에서 사용되고 있는 에너지량과 연계된 공정 운전 변수로 모델식이 구성되어 있기 때문에, 공정 운전자가 임의적으로 운전 변수의 수치를 변경하여 그 효과를 모의할 수 있고, 이를 통해 에너지 절감이 가능한 공정 운전 방안들에 대해 공정 운전자에게 교육적인 측면을 제공할 수 있고, 공정 거동을 사전에 평가할 수 있어 보다 효과적인 에너지 절감 운영이 가능한 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [19] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 하수처리장 에너지소비상태 진단에 따른 에너지 절감 예측시스템을 나타내는 구성도이다.
- [20] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 하수처리장 에너지소비상태 진단에 따른

에너지 절감 예측방법을 나타내는 순서도이다.

[21] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 하수처리장 에너지 절감 예측 모델의 결과를 나타낸 그래프이다.

[22] 도 4는 도 3의 하수처리장 에너지 절감 예측 모델의 결과를 검증하기 위한 그래프이다.

[23] 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 하수처리장 에너지소비상태가 중간인 경우 운전조건의 변경 전후의 에너지 소비량의 예측결과를 나타낸 그래프이다.

[24] 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 하수처리장 에너지소비상태가 높은 경우 운전조건의 변경 전후의 에너지 소비량의 예측결과를 나타낸 그래프이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

[25] 본 발명에 의하면, 하수처리장의 유입/유출 수질 데이터 및 공정운영 데이터를 저장하는 데이터베이스로부터 에너지소비상태 진단에 필요한 데이터를 호출하는 데이터호출부; 상기 데이터호출부로부터 호출된 데이터를 전달받아 상기 호출된 데이터에 대해 다변량 통계 분석기법을 적용하여 상기 호출된 데이터에 내재되어 있는 에너지소비상태에 관한 정보를 추출하여 상기 추출된 에너지소비상태에 관한 정보로부터 에너지소비상태 진단결과를 도출하는 에너지소비상태 진단부; 상기 에너지소비상태 진단부로부터 도출된 진단결과를 의미하는 그룹에 따라 사전에 설정된 에너지절감이 가능한 운전조건을 호출하는 에너지절감 운전조건 호출부; 상기 에너지절감 운전조건 호출부로부터 호출된 운전조건에 따라 다항회귀분석기법을 적용하여 에너지 절감량을 예측하는 에너지소비 절감량 예측부; 및 상기 에너지소비 절감량 예측부에 의해 예측된 운전조건을 하수처리장의 펌프 및 송풍기를 포함하는 구동기(actuator)에 적용하는 에너지절감 운전조건 적용부;를 포함하는 하수처리장 에너지소비상태 진단에 따른 에너지 절감 예측시스템을 제공한다.

발명의 실시를 위한 형태

[26] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부된 도면들을 참조하여 상세히 설명한다. 우선 각 도면의 구성요소들에 참조번호를 부가함에 있어서, 동일한 구성요소들에 대해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 부호를 가지도록 하고 있음에 유의해야 한다. 또한 본 발명을 설명함에 있어, 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략한다.

[27] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 하수처리장 에너지소비상태 진단에 따른 에너지 절감 예측시스템을 나타내는 구성도이고, 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 하수처리장 에너지소비상태 진단에 따른 에너지 절감 예측방법을 나타내는 순서도이고, 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 하수처리장 에너지 절감 예측 모델의 결과를 나타낸 그래프이고, 도 4는 도 3의 하수처리장 에너지 절감 예측 모델의 결과를 검증하기 위한 그래프이고, 도 5는 본 발명의 실시예에 따른

하수처리장 에너지소비상태가 중간인 경우 운전조건의 변경 전후의 에너지 소비량의 예측결과를 나타낸 그래프이고, 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 하수처리장 에너지소비상태가 높은 경우 운전조건의 변경 전후의 에너지 소비량의 예측결과를 나타낸 그래프이다.

- [28] 도 1을 참조하면, 본 발명에 의한 하수처리장 에너지소비상태 진단에 따른 에너지 절감 예측시스템(10)은 데이터호출부(100), 에너지소비상태 진단부(200), 에너지절감 운전조건 호출부(300), 에너지소비 절감량 예측부(400) 및 에너지절감 운전조건 적용부(500)를 포함한다.
- [29] 상기 데이터호출부(100)는 하수처리장의 유입/유출 수질 데이터 및 공정운영 데이터를 저장하는 데이터베이스로부터 에너지소비상태 진단에 필요한 데이터를 호출하는 역할을 한다. 상기 유입/유출 수질 데이터는 유입/유출유량과 유입/유출성분농도(BOD_5 , COD_{Mn} , SS, TN, TP 등)를 포함한다. 좀 더 구체적으로 살펴보면 상기 유입/유출 수질 데이터는 통상적으로 1일 1회 측정되어 기록되거나, 1일 수회 측정되어 그 결과의 평균값으로서 1일에 1개의 값으로 존재하는 하수처리장의 유입수와 유출수의 모든 수질항목들과 유입유량의 기록된 데이터를 말한다. 상기 유입/유출 수질 데이터는 하수처리장의 처리 성능에 영향을 줄 수 있는 기온, 수온, 강우, 일조량, 습도 등의 기상인자를 포함할 수 있다. 상기 공정운영 데이터는 하수처리장의 폭기량, 슬러지폐기량, 슬러지반송량, 약품주입량, 침전능 및 반응조 내부유물질 농도 중 적어도 하나 이상을 포함한다. 좀 더 구체적으로 살펴보면, 공정운영 데이터는 통상적으로 1일 1회 운전자에 의해 수정되어 공정에 적용되며, 그 결과가 기록으로서 존재하는 하수처리장의 운전인자로서 통상적으로 폭기량, 반응조의 DO농도, 슬러지반송량, 슬러지폐기량, 침전능(SVI, SV30) 중 하나 이상을 포함하는 운전인자의 기록된 결과물을 말한다. 따라서 상기 데이터호출부(100)는 이와 같은 다양한 입력 데이터들로부터 실제 에너지소비상태 진단에 필요한 데이터들을 사전에 선정하여 일별 데이터들을 선정할 수 있는 것이다.
- [30] 또한 상기 데이터호출부(100)는 개별 하수처리장에서 별도로 운영되고 있는 데이터베이스에 축적되는 과거의 모든 데이터 중 에너지 소비와 연관성이 있는 주요 데이터들을 자동으로 호출할 수도 있다.
- [31] 상기 에너지소비상태 진단부(200)는 상기 데이터호출부(100)로부터 호출된 데이터를 전달받아 상기 호출된 데이터에 대해 다변량 통계 분석기법을 적용하여 상기 호출된 데이터에 내재되어 있는 에너지소비상태에 관한 정보를 추출하여 상기 추출된 에너지소비상태에 관한 정보로부터 에너지소비상태 진단결과를 도출하는 역할을 한다.
- [32] 상기 에너지소비상태 진단부(200)는 데이터축약부(210), 데이터그룹핑부(220) 및 판별함수도출부(230)를 포함한다. 상기 데이터축약부(210)는 상기 호출된 데이터에 대해 상기 호출된 데이터에 내재되어 있는 에너지소비상태에 관한 정보를 추출하기 위해 상기 호출된 데이터를 축약한다. 상기

데이터그룹핑부(220)는상기 축약된 데이터를 이용하여 현재 에너지소비상태에 관한 진단결과를 도출하기 위해 상기 축약된 데이터를 그룹화한다. 상기 판별함수도출부(230)는 상기 그룹화된 데이터에 대하여 새로운 데이터가 어떠한 그룹에 속하는지를 판별하기 위한 수단으로 사용될 판별함수를 Fisher의 선형판별분석을 이용하여 도출한다. 따라서 상기 에너지소비상태 진단부(200)는 상기 판별함수도출부(230)에 의해 도출된 판별함수를 이용하여 상기 호출된 데이터의 에너지소비상태 진단결과를 도출하게 된다.

[33] 본 발명에서는 데이터축약을 위해 주성분분석을 적용하여 총 10개의 데이터셋의 차원을 축소하여 4개의 주성분을 분석할 것이며, 분석된 주성분에 대해 데이터그룹핑을 위해 K-평균 군집분석을 수행하여 에너지소비상태를 3개의 그룹으로 분류할 것이다. 사용될 수 있는 데이터셋의 갯수는 각 하수처리장의 특성을 반영하여 달라질 수 있지만, 펌프 및 송풍기 등과 같은 주요한 에너지원과 연계된 운전변수들을 사용하는 것이 바람직하다. 또한 이들 데이터셋의 차원을 축소할 경우 3 ~ 5개로 차원축소하는 것이 바람직하다. 또한 분류된 그룹은 해당되는 하수처리장의 특성에 따라 달라지게 되지만, 3 ~ 5개의 그룹이 가장 바람직하다, 새로운 데이터셋에 대한 사전 분류된 그룹의 소속의 확인하기 위해 본 발명에서는 피셔의 선형판별분석을 수행하였으며, 그룹의 소속확인을 가능하게 할 수 있는 다른 다변량 통계 분석기법의 적용도 얼마든지 가능할 것이다.

[34] 상기 에너지절감 운전조건 호출부(300)는 상기 에너지소비상태 진단부(200)로부터 도출된 진단결과를 의미하는 그룹에 따라 사전에 설정된 에너지절감이 가능한 운전조건을 호출하는 역할을 한다. 상기 에너지절감 운전조건 호출부(300)는 상기 에너지소비상태 진단부(200)로부터 도출된 진단결과를 의미하는 그룹에 따라, 에너지소비상태가 다른 그룹에 비해 높은 그룹에 대하여 DO(용존산소), 슬러지반송유량 및 잉여슬러지유량의 절감을 포함한 에너지절감이 가능한 운전조건을 사전에 설정하여 상기 운전조건의 변화량을 호출한다. 에너지소비상태에 대한 진단이 수행된 이후, 에너지소비상태가 높음 및 중간인 경우, 각 상태에 대한 에너지절감 운전조건을 호출한다. 에너지소비상태가 중간인 경우, 슬러지반송유량, 초침 폐슬러지 유량, 잉여슬러지 유량 및 SRT 등이 운전변수로 호출될 수 있으며, 에너지소비상태가 높은 경우, DO(용존산소)농도, SRT, 잉여슬러지 유량, 원심농축조 인발유량 및 혐기성소화조 유입유량 등이 운전변수로 호출될 수 있다. 각 상태별 호출된 운전변수의 설정치는 에너지소비상태가 낮은 경우의 유입유량과 상태별 유입유량을 비교하여 부하의 강도를 판단함으로써 설정치가 도출될 수 있다. 아래의 실시예에서 각 상태별 호출되는 운전변수의 설정치가 상세히 설명될 것이다. 각 상태별 호출된 운전변수의 설정치는 하수처리장의 특성을 반영하여 정량적 수치를 조절하는 것이 바람직할 것이다.

[35] 상기 에너지소비 절감량 예측부(400)는 상기 에너지절감 운전조건

호출부(300)로부터 호출된 운전조건에 따라 다항회귀분석기법을 적용하여 에너지 절감량을 예측하는 역할을 한다. 상기 다항회귀분석기법은 상기 데이터호출부(100)에 의해 호출된 데이터와 동일한 운전변수를 활용하며, 상기 운전변수에 대해 독립변수와 종속변수로 나누어 에너지 사용량 예측을 하는 모델기법이다. 따라서 호출된 에너지절감 운전조건의 설정치를 입력으로 하여 에너지소비 절감량을 예측하는 모델을 사용할 수 있는데, 그 중에서도 다항회귀분석기법을 적용하는 것이 바람직하다. 상기 다항회귀분석기법에서 독립변수는 유입유량, 수온, SRT, DO농도, 슬러지반송유량, 초침 폐슬러지 유량, 잉여슬러지 유량, 원심농축슬러지 인발유량 및 소화조 유입슬러지 유량 등이 될 수 있으며, 종속변수는 하수처리장의 에너지를 대표하는 하수처리장 전체 전력량이 될 수 있다. 아래의 실시예에서 다항회귀분석기법을 적용한 에너지소비 절감량 예측을 확인해 볼 수 있을 것이다.

- [36] 상기 에너지절감 운전조건 적용부(500)는 상기 에너지소비 절감량 예측부(400)에 의해 예측된 운전조건을 하수처리장의 펌프 및 송풍기를 포함하는 구동기(actuator)에 적용하는 역할을 한다. 만약 에너지소비상태가 중간 또는 높은 경우에, 호출된 운전변수의 설정치를 하수처리장의 펌프 및 송풍기를 포함하는 구동기(actuator)에 적용하여 에너지소비량을 절감할 수 있음을 확인하게 된다. 따라서 하수처리장 운전자는 정량적인 절감수치를 확인한 이후 동일한 운전조건으로 하수처리장을 운전하길 원할 경우, 각 구동기에 설정치를 입력하고 당일의 적용결과를 확인하게 된다. 호출된 절감운전 조건은 자동적으로 처리장 운전에 반영되는 것보다 하수처리장 운전장의 의사결정 이후 적용되는 것이 바람직할 것이다.
- [37] 도 2를 참조하여 본 발명에 의한 하수처리장 에너지소비상태 진단에 따른 에너지 절감 예측방법을 설명하면 다음과 같다.
- [38] 제 1단계는 하수처리장의 유입/유출 수질 데이터 및 공정운영 데이터를 저장하는 데이터베이스로부터 에너지소비상태 진단에 필요한 데이터를 호출하는 데이터호출단계이다(S110).
- [39] 제 2단계는 상기 호출된 데이터를 전달받아 상기 호출된 데이터에 대해 다변량 통계 분석기법을 적용하여 상기 호출된 데이터에 내재되어 있는 에너지소비상태에 관한 정보를 추출하여 상기 추출된 에너지소비상태에 관한 정보로부터 에너지소비상태 진단결과를 도출하는 에너지소비상태 진단단계이다(S120). 상기 에너지소비상태 진단단계(S120)는 상기 호출된 데이터에 대해 상기 호출된 데이터에 내재되어 있는 에너지소비상태에 관한 정보를 추출하기 위해 상기 호출된 데이터를 축약하고, 상기 축약된 데이터를 이용하여 현재 에너지소비상태에 관한 진단결과를 도출하기 위해 상기 축약된 데이터를 그룹화하고, 상기 그룹화된 데이터에 대하여 새로운 데이터가 어떠한 그룹에 속하는지를 판별하기 위한 수단으로 사용될 판별함수를 Fisher의 선형판별분석을 이용하여 도출하고, 상기 도출된 판별함수를 이용하여 상기

호출된 데이터의 에너지소비상태 진단결과를 도출하게 된다.

- [40] 제 3단계는 상기 도출된 진단결과를 의미하는 그룹에 따라 사전에 설정된 에너지절감이 가능한 운전조건을 호출하는 에너지절감 운전조건 호출단계이다(S130).
- [41] 제 4단계는 상기 호출된 운전조건에 따라 다항회귀분석기법을 적용하여 에너지 절감량을 예측하는 에너지 소비 절감량 예측단계이다(S140).
- [42] 제 5단계는 상기 예측된 운전조건을 하수처리장의 펌프 및 송풍기를 포함하는 구동기(actuator)에 적용하는 에너지절감 운전조건 적용단계이다(S150).
- [43] 이하, 실시예를 기준으로 본 발명에서 언급하는 하수처리장 에너지소비상태 진단에 따른 에너지 절감 예측방법을 설명하기로 한다.
- [44] 본 실시예에서는 B시에 위치한 N하수처리장을 대상으로 하여 일별 데이터셋들이 수집되었다. 수집된 데이터는 2008년 1월 1일부터 2010년 12월 31일까지의 총 3년간의 데이터였고, 호출된 운전변수는 유입유량(Q_{in}), 수온(Temp), SRT, DO(용존산소)농도, 슬러지반송 유량(Q_{ras}), 초침 폐슬러지 유량(Q_{first}), 잉여슬러지 유량(Q_{second}), 원심농축슬러지 인발량($Q_{thickener}$), 소화조 유입슬러지 유량(Q_{din}) 및 하수처리장 전체 사용 전력량(Elec)이었다.
- [45] 유입유량(Q_{in})은 유입유량 펌프의 구동과 연계되며, 수온(Temp)은 계절적 영향에 따른 공정운전변동, SRT는 폐슬러지 펌프구동, DO농도는 송풍기 구동, 슬러지반송 유량(Q_{ras})은 반송슬러지 펌프구동, 초침 폐슬러지 유량(Q_{first})은 초침 폐슬러지 펌프 구동, 잉여슬러지 유량(Q_{second})은 폐슬러지 펌프 구동, 원심농축슬러지 인발량($Q_{thickener}$)은 원심농축기 구동, 소화조 유입슬러지 유량(Q_{din})은 혐기성 소화를 통한 메탄가스 발생에 따른 에너지절감과 연계가 되기 때문에, 해당 하수처리장의 경우 이와 같은 운전변수들이 선택되어 호출되었다.
- [46] 호출된 데이터들에 대해서 다변량 통계 분석기법들을 적용하여 에너지소비 상태 진단이 수행되었다. 먼저 주성분 분석을 수행하여, 주성분 분석을 통해 고유 값이 1이상인 성분을 선택한 결과, 4개의 주성분(PC1, PC2, PC3, PC4)이 선택되었다. 이는 10차원의 데이터셋이 새로운 4차원의 데이터셋으로 변형되었음을 의미하며, 새로운 데이터가 입력되었을 경우, 각 운전 변수값과 주성분 계수값을 통해 최종적으로 다음과 같은 주성분값이 계산하게 된다.
- [47]
$$PC1 = 0.848*Q_{in} + 0.512*Temp - 0.697*SRT + 0.069*DO + 0.424*Q_{ras} - 0.373*Q_{first} - 0.084*Q_{second} - 0.1*Q_{thickener} - 0.058*Q_{din} + 0.086*Elec$$
- [48]
$$PC2 = 0.06*Q_{in} + 0.019*Temp + 0.169*SRT + 0.075*DO + 0.511*Q_{ras} + 0.401*Q_{first} + 0.747*Q_{second} + 0.155*Q_{thickener} + 0.791*Q_{din} - 0.061*Elec$$
- [49]
$$PC3 = -0.153*Q_{in} - 0.747*Temp + 0.249*SRT + 0.892*DO + 0.173*Q_{ras} + 0.352*Q_{first} + 0.159*Q_{second} + 0.017*Q_{thickener} - 0.212*Q_{din} + 0.094*Elec$$
- [50]
$$PC4 = -0.038*Q_{in} - 0.2*Temp + 0.314*SRT - 0.121*DO - 0.259*Q_{ras} - 0.439*Q_{first} + 0.019*Q_{second} + 0.893*Q_{thickener} + 0.282*Q_{din} + 0.141*Elec$$

[51] 도출된 주성분값을 사용하여 K-평균 군집분석을 통해 현재의 에너지소비 상태를 분류할 수 있는 그룹을 총 3개로 도출하였다. 도출된 각 그룹별 특성을 [표 1]에 나타내었다.

[52] 표 1

[Table 1]

항목	Qin	Elec	Temp	SRT	DO	Qras	Qfirst	Qsecond	Qthickener	Qdin
Group 1	Low			High	Low		Medium	Low	Medium	Medium
Mean	286,775.4	63,859.5	19.0	6.0	1.75	60,112.2	1,195.4	2,217.9	282.9	926.3
Group 2	Medium		High	Medium		High			Low	High
Mean	328,707.2	66,281.8	22.6	5.2	1.76	73,051.0	1,308.1	2,989.1	274.7	1,190.8
Group 3	High		Medium	Low	High	Medium	Low	Medium	High	Low
Mean	336,875.9	71,206.0	19.5	4.5	2.51	69,694.1	1,086.4	2,290.0	310.9	899.7

[53] 도출된 각 그룹별 에너지소비상태 특성을 통한 진단결과는 다음과 같은 정성적인 정보로 운전자에게 제시될 수 있다.

[54] - 1 그룹: 낮은 유입 부하에 따라 수온이 낮음에도 DO 농도를 낮게 유지할 수 있어 송풍 전력비가 적게 소요되며, 긴 SRT에 따른 잉여슬러지 펌프의 저가동으로 에너지 소비가 낮음.

[55] - 2 그룹: 높은 수온에도 유입 부하에 따라 반송슬러지 유량이 증가되어 펌프 가동이 증가되며, 초침 및 잉여슬러지 유량 증가에 따른 펌프 구동에 따라 에너지 소비는 중간임.

[56] - 3 그룹: 유입 부하가 높고 이에 따라 DO 농도를 높게 유지하게 되어 송풍 전력비가 크게 소요되며, 짧은 SRT에 따른 잉여슬러지 펌프의 가동 증가, 원심농축조 효율 저하로 인한 구동 시간 증가 및 낮은 혐기성 소화조 유입 유량으로 메탄 가스 발생량이 낮아 에너지 소비가 높음.

[57] 새로운 데이터셋에 대하여 이와 같은 에너지상태 그룹 중 어디에 소속되는지를 판단하기 위해 Fisher의 선형 판별분석이 수행된다. 판별분석을 통해 각 그룹별 판별함수식이 다음과 같이 도출되었다.

[58] $\text{Group 1} = -2.217 \cdot \text{PC1} - 1.472 \cdot \text{PC2} - 0.679 \cdot \text{PC3} - 0.018 \cdot \text{PC4} - 1.991$

- [59] $\text{Group 2} = 0.849 \cdot \text{PC1} + 2.962 \cdot \text{PC2} - 0.881 \cdot \text{PC3} - 0.701 \cdot \text{PC4} - 3.379$
- [60] $\text{Group 3} = 2.976 \cdot \text{PC1} - 0.477 \cdot \text{PC2} + 2.077 \cdot \text{PC3} + 0.748 \cdot \text{PC4} - 3.778$
- [61] 상기의 판별함수에 먼저 도출된 주성분값을 대입하여 각 그룹의 함수의 값을 계산하게 되고, 가장 큰 값을 가지게 되는 그룹이 현재의 에너지 소비 상태를 대변하는 그룹으로 해석되었다.
- [62] 에너지 소비상태가 중간 및 높은 그룹인 2 그룹과 3 그룹의 경우, 에너지 절감이 가능한 운전조건을 호출하게 된다. 에너지 소비 상태에 영향을 주는 변수 중 수온과 같은 기상 조건 및 정상적인 운전 조건 변수를 제외하여, 2 그룹은 슬러지반송 유량, 초침 폐슬러지 유량, 잉여슬러지 유량 및 SRT가 운전 변수로 호출되며, 3 그룹은 DO농도, SRT, 잉여슬러지 유량, 원심농축조 인발유량 및 혐기성소화조 유입 유량이 운전 변수로 호출되게 된다. 호출된 각 운전 변수의 정량적 설정치는 유입 부하와 연계하여 그 적정값을 도출하였다. 한 예로, 3 그룹의 DO농도의 경우, [표 1]에서 그룹 1과 그룹 3의 유입 유량 증가는 약 17%였으나, DO농도는 45%가 증가하였다. 이는 유입 부하를 고려하더라도 높은 수치의 증가이므로, 17%와 45% 사이의 적정 수치로써 20%를 적정값으로 도출하였다. 이와 같은 방법으로 다음과 같이 2 그룹과 3 그룹의 에너지 절감 운전 조건 설정치를 도출하였다.
- [63] - 2 그룹 운전 조건 설정치(중간 에너지 소비 상태):슬러지반송 유량 30% 증가, 초침 폐슬러지 유량 20% 증가, 잉여슬러지 유량 30% 감소, SRT 30% 증가
- [64] - 3 그룹 운전 조건 설정치(높은 에너지 소비 상태):DO 농도 20% 감소, SRT 30% 증가, 잉여슬러지 유량 30% 감소, 원심농축조 인발유량 15% 증가, 혐기성소화조 유입 유량 20% 증가
- [65] 호출된 에너지 절감 운전 조건의 설정치를 입력으로 하여 에너지 절감 예측량을 정량적으로 도출하기 위해 본 발명에서는 다항회귀분석 기법을 활용하여 예측 모델을 개발하였다. 에너지소비 상태진단과 동일한 운전변수를 활용하여 다항 회귀분석에서 독립변수는 유입 유량, 수온, SRT, DO농도, 슬러지반송 유량, 초침 폐슬러지 유량, 잉여슬러지 유량, 원심농축슬러지 인발량 및 소화조 유입 슬러지 유량으로 총 9개이며, 종속변수는 하수처리장 에너지를 대표하는 처리장 전체 전력량이
- [66] 된다. 총 300개의 일별 데이터 셋을 활용하여 예측 모델의 개발에 사용하였으며, 이 결과를 도 3에 나타내었다. 개발 결과, 하수처리장에서 소요되고 있는 전력량의 거동을 개발된 예측 모델이 성공적으로 모사할 수 있음을 확인할 수 있었으며, 보다 정량적인 분석을 위해 RMSE(Root Mean Square Error)값을 도출하였다. 계산에 사용된 RMSE 분석식은 다음과 같다.
- [67]
$$\text{RMSE} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_{m,i} - X_{s,i})^2}$$
- [68] (여기서, N은 변수의 총 수, $X_{m,i}$ 은 측정값, $X_{s,i}$ 은 시뮬레이션 결과값을

나타냄.)

- [69] 예측 모델 개발에서 하수처리장에서 사용된 전력량과 모델 시뮬레이션 결과 사이의 RMSE는 약 1,603 kWh로 5% 이하의 낮은 오차로 확인되었다.
- [70] 개발된 예측 모델의 검증에 위해 총 95개의 일별 데이터 셋이 활용되었으며, 이 결과를 도 4에 나타내었다. 검증 결과, RMSE는 약 1,818 kWh로 모델 개발에서의 RMSE값보다는 높지만 역시 5% 이하의 오차로써 예측 모델이 성공적으로 검증되었음을 확인하였다.
- [71] 개발된 예측 모델을 활용하여 2 그룹과 3 그룹의 에너지 소비 상태의 경우에서 호출된 에너지 절감 운전 조건의 설정치를 입력하여 절감 가능한 에너지량을 확인해 보았다. 2 그룹에 대하여 운전 변수의 값을 조정하지 않은 경우와 슬러지반송 유량 30% 증가, 초침 폐슬러지 유량 20% 증가, 잉여슬러지 유량 30% 감소 및 SRT를 30% 증가한 새로운 운전 변수의 설정치를 입력한 경우의 비교를 도 5에 나타내었다. 새로운 운전 변수의 설정치를 통해 하수처리장 에너지 사용량은 최소 932.5 kWh에서 최대 1,059.9 kWh까지 절감될 수 있음을 확인하였다.
- [72] 3 그룹에 대하여 운전 변수의 값을 조정하지 않은 경우와 DO 농도 20% 감소, SRT 30% 증가, 잉여슬러지 유량 30% 감소, 원심농축조 인발유량 15% 증가 및 혐기성소화조 유입 유량을 20% 증가한 운전 변수의 설정치를 입력한 경우의 비교를 도 6에 나타내었다. 3 그룹에서의 경우, 운전 변수의 설정치 변경을 통해 최소 734 kWh에서 최대 866.6 kWh까지 에너지 소비량이 절감될 수 있음을 확인하였다.
- [73] 도출된 운전 변수의 설정치를 하수처리장 운전자가 확인 후 운전자 의사결정을 통해 실제 운영에 반영한다면, 펌프 및 송풍기의 구동을 조절하게 됨으로써, 하수처리장에서 소비되는 에너지량을 절감할 수 있을 것으로 판단된다.
- [74] 이상의 설명은 본 발명을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가지는 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 변형이 가능할 것이다. 따라서 본 명세서에 개시된 실시예들은 본 발명을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 사상과 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

산업상 이용가능성

- [75] 본 발명은 하수처리장 운전에서 필수적인 펌프와 송풍기와 같은 기기의 구동으로 인해 발생하는 에너지 소비에 대한 정성적인 상태 진단을 수행하며, 진단 결과에 따라 에너지 절감이 가능한 운전 조건의 설정치를 제공하여 이에 따른 에너지 사용량의 감소를 사전에 확인하여 에너지 사용 절감을 위한

실질적인 운전 설정치를 제공함으로써 하수처리장에 널리 사용될 수 있다.

청구범위

[청구항 1]

하수처리장의 유입/유출 수질 데이터 및 공정운영 데이터를 저장하는 데이터베이스로부터 에너지소비상태 진단에 필요한 데이터를 호출하는 데이터호출부;
 상기 데이터호출부로부터 호출된 데이터를 전달받아 상기 호출된 데이터에 대해 다변량 통계 분석기법을 적용하여 상기 호출된 데이터에 내재되어 있는 에너지소비상태에 관한 정보를 추출하여 상기 추출된 에너지소비상태에 관한 정보로부터 에너지소비상태 진단결과를 도출하는 에너지소비상태 진단부;
 상기 에너지소비상태 진단부로부터 도출된 진단결과를 의미하는 그룹에 따라 사전에 설정된 에너지절감이 가능한 운전조건을 호출하는 에너지절감 운전조건 호출부;
 상기 에너지절감 운전조건 호출부로부터 호출된 운전조건에 따라 다항회귀분석기법을 적용하여 에너지 절감량을 예측하는 에너지소비 절감량 예측부; 및
 상기 에너지소비 절감량 예측부에 의해 예측된 운전조건을 하수처리장의 펌프 및 송풍기를 포함하는 구동기(actuator)에 적용하는 에너지절감 운전조건 적용부;를 포함하는 하수처리장 에너지소비상태 진단에 따른 에너지 절감 예측시스템.

[청구항 2]

제 1항에 있어서,
 상기 데이터호출부는 개별 하수처리장에서 별도로 운영되고 있는 데이터베이스에 축적되는 과거의 모든 데이터 중 에너지 소비와 연관성이 있는 주요 데이터들을 자동으로 호출하는 것을 특징으로 하는 하수처리장 에너지소비상태 진단에 따른 에너지 절감 예측시스템.

[청구항 3]

제 2항에 있어서,
 상기 에너지소비상태 진단부는
 상기 호출된 데이터에 대해 상기 호출된 데이터에 내재되어 있는 에너지소비상태에 관한 정보를 추출하기 위해 상기 호출된 데이터를 축약하는 데이터축약부;
 상기 축약된 데이터를 이용하여 현재 에너지소비상태에 관한 진단결과를 도출하기 위해 상기 축약된 데이터를 그룹화하는 데이터그룹핑부; 및
 상기 그룹화된 데이터에 대하여 새로운 데이터가 어떠한 그룹에 속하는지를 판별하기 위한 수단으로 사용될 판별함수를 Fisher의 선형판별분석을 이용하여 도출하는 판별함수도출부;를 포함하되,
 상기 에너지소비상태 진단부는 상기 판별함수도출부에 의해

[청구항 4]

도출된 판별함수를 이용하여 상기 호출된 데이터의 에너지소비상태 진단결과를 도출하는 것을 특징으로 하는 하수처리장 에너지소비상태 진단에 따른 에너지 절감 예측시스템.
제 3항에 있어서,
상기 에너지절감 운전조건 호출부는 상기 에너지소비상태 진단부로부터 도출된 진단결과를 의미하는 그룹에 따라, 에너지소비상태가 다른 그룹에 비해 높은 그룹에 대하여 DO(용존산소), 슬러지반송유량 및 잉여슬러지유량의 절감을 포함한 에너지절감이 가능한 운전조건을 사전에 설정하여 상기 운전조건의 변화량을 호출하는 것을 특징으로 하는 하수처리장 에너지소비상태 진단에 따른 에너지 절감 예측시스템.

[청구항 5]

제 4항에 있어서,
상기 다항회귀분석기법은 상기 데이터호출부에 의해 호출된 데이터와 동일한 운전변수를 활용하며, 상기 운전변수에 대해 독립변수와 종속변수로 나누어 에너지 사용량 예측을 하는 모델기법인 것을 특징으로 하는 하수처리장 에너지소비상태 진단에 따른 에너지 절감 예측시스템.

[청구항 6]

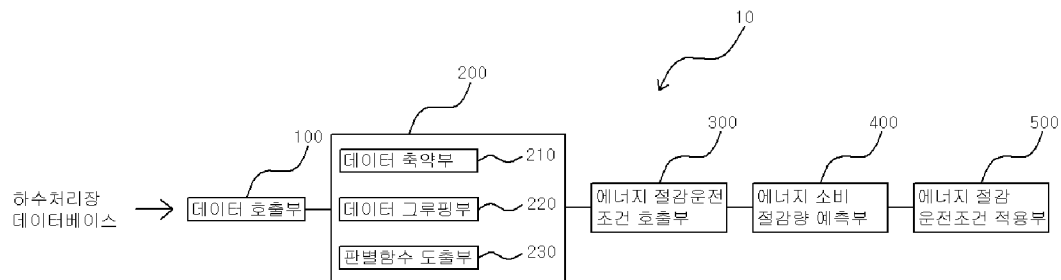
하수처리장의 유입/유출 수질 데이터 및 공정운영 데이터를 저장하는 데이터베이스로부터 에너지소비상태 진단에 필요한 데이터를 호출하는 데이터호출단계;
상기 호출된 데이터를 전달받아 상기 호출된 데이터에 대해 다변량 통계 분석기법을 적용하여 상기 호출된 데이터에 내재되어 있는 에너지소비상태에 관한 정보를 추출하여 상기 추출된 에너지소비상태에 관한 정보로부터 에너지소비상태 진단결과를 도출하는 에너지소비상태 진단단계;
상기 도출된 진단결과를 의미하는 그룹에 따라 사전에 설정된 에너지절감이 가능한 운전조건을 호출하는 에너지절감 운전조건 호출단계;
상기 호출된 운전조건에 따라 다항회귀분석기법을 적용하여 에너지 절감량을 예측하는 에너지 소비 절감량 예측단계; 및
상기 예측된 운전조건을 하수처리장의 펌프 및 송풍기를 포함하는 구동기(actuator)에 적용하는 에너지절감 운전조건 적용단계;를 포함하는 하수처리장 에너지소비상태 진단에 따른 에너지 절감 예측방법.

[청구항 7]

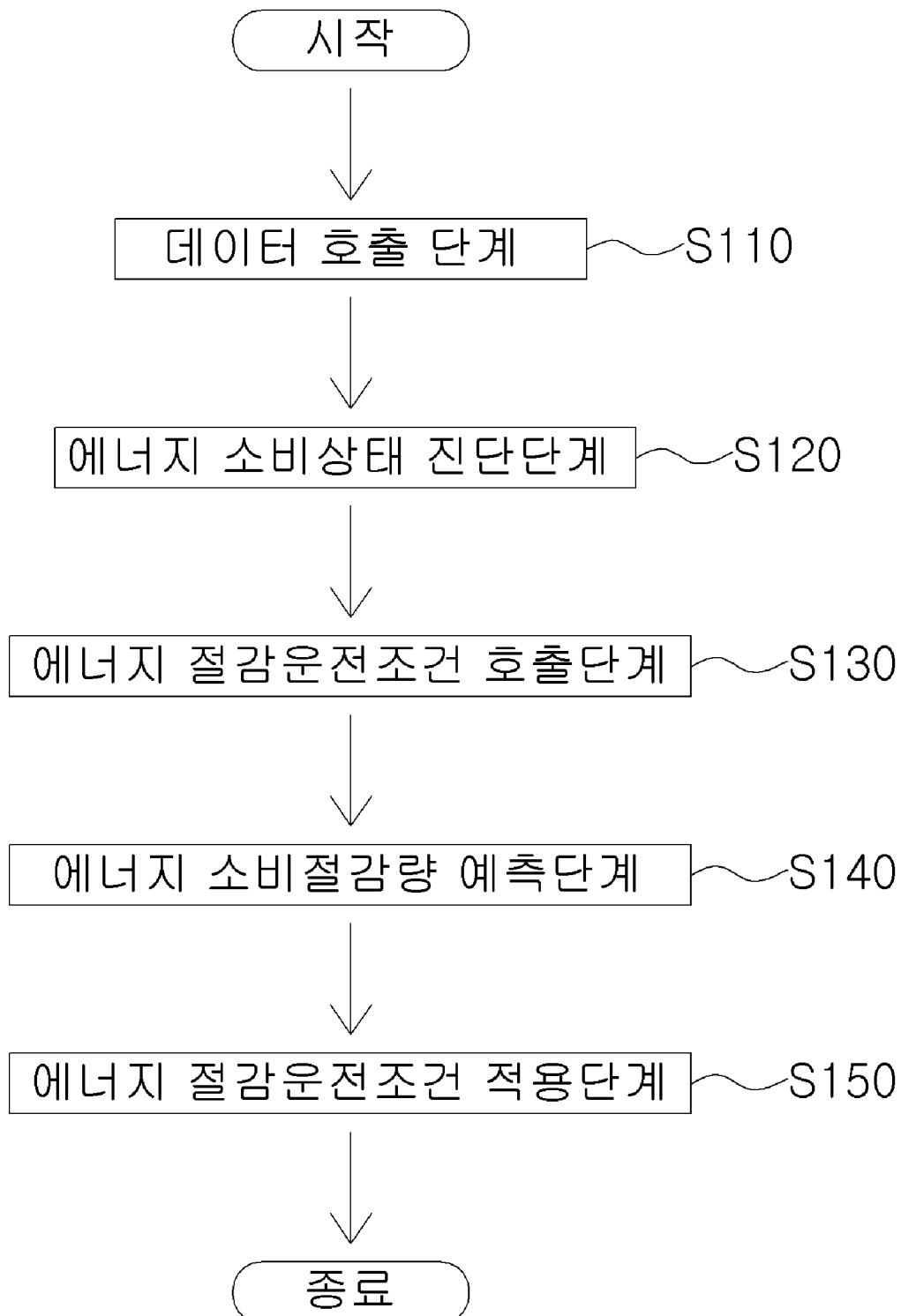
제 6항에 있어서,
상기 에너지소비상태 진단단계는 상기 호출된 데이터에 대해 상기 호출된 데이터에 내재되어 있는 에너지소비상태에 관한 정보를

추출하기 위해 상기 호출된 데이터를 축약하고, 상기 축약된 데이터를 이용하여 현재 에너지소비상태에 관한 진단결과를 도출하기 위해 상기 축약된 데이터를 그룹화하고, 상기 그룹화된 데이터에 대하여 새로운 데이터가 어떠한 그룹에 속하는지를 판별하기 위한 수단으로 사용될 판별함수를 Fisher의 선형판별분석을 이용하여 도출하고, 상기 도출된 판별함수를 이용하여 상기 호출된 데이터의 에너지소비상태 진단결과를 도출하는 것을 특징으로 하는 하수처리장 에너지소비상태 진단에 따른 에너지 절감 예측방법.

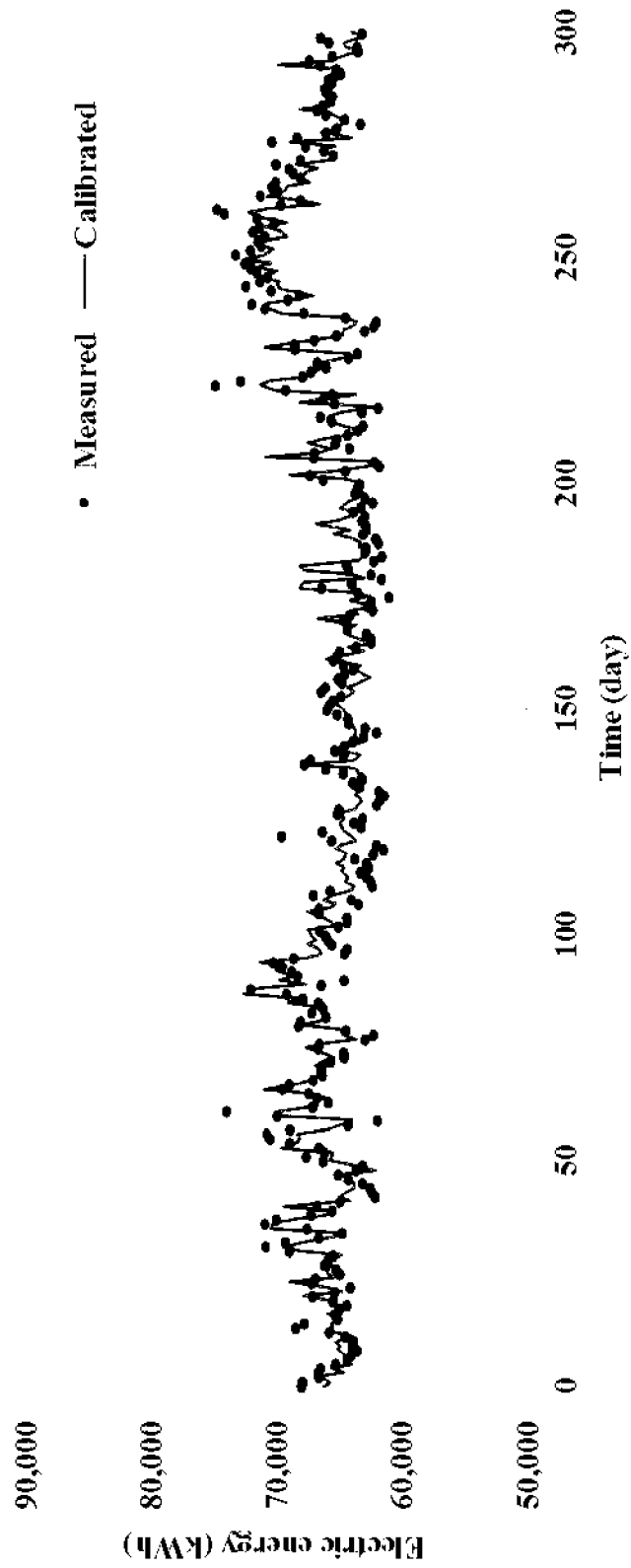
[Fig. 1]



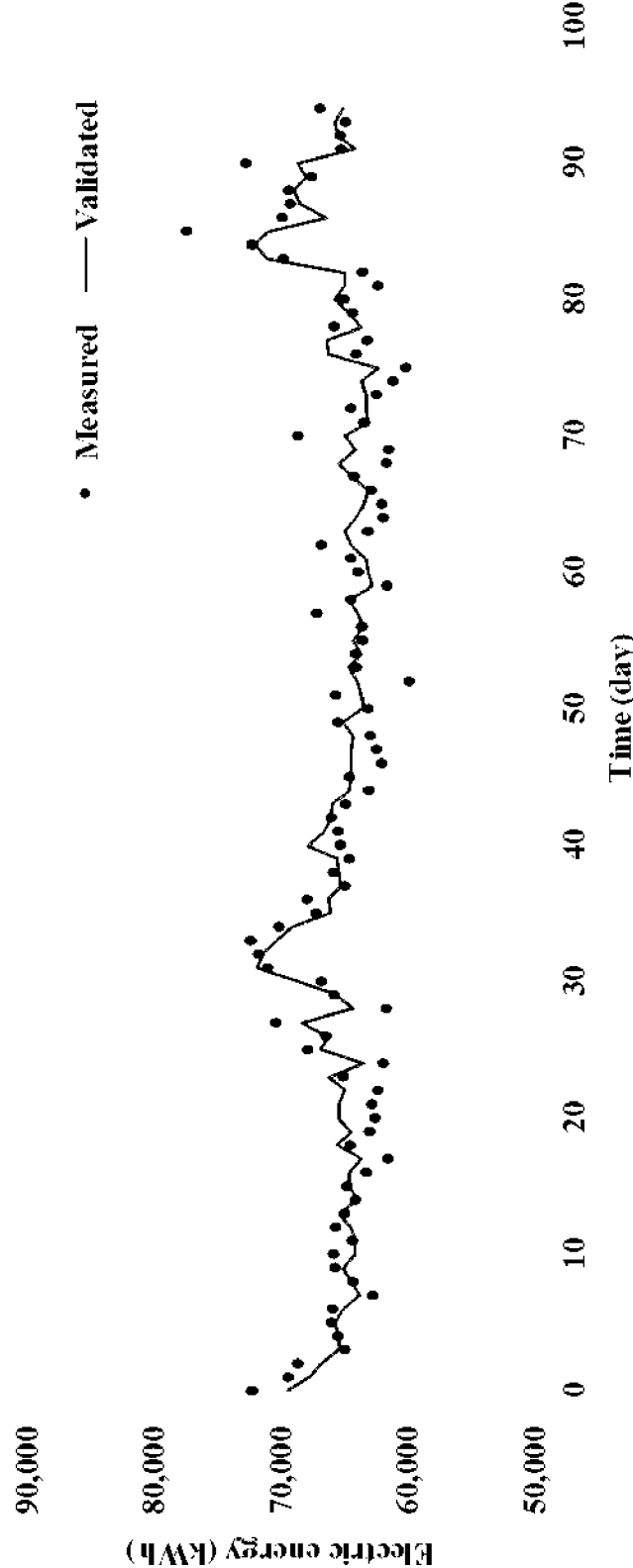
[Fig. 2]



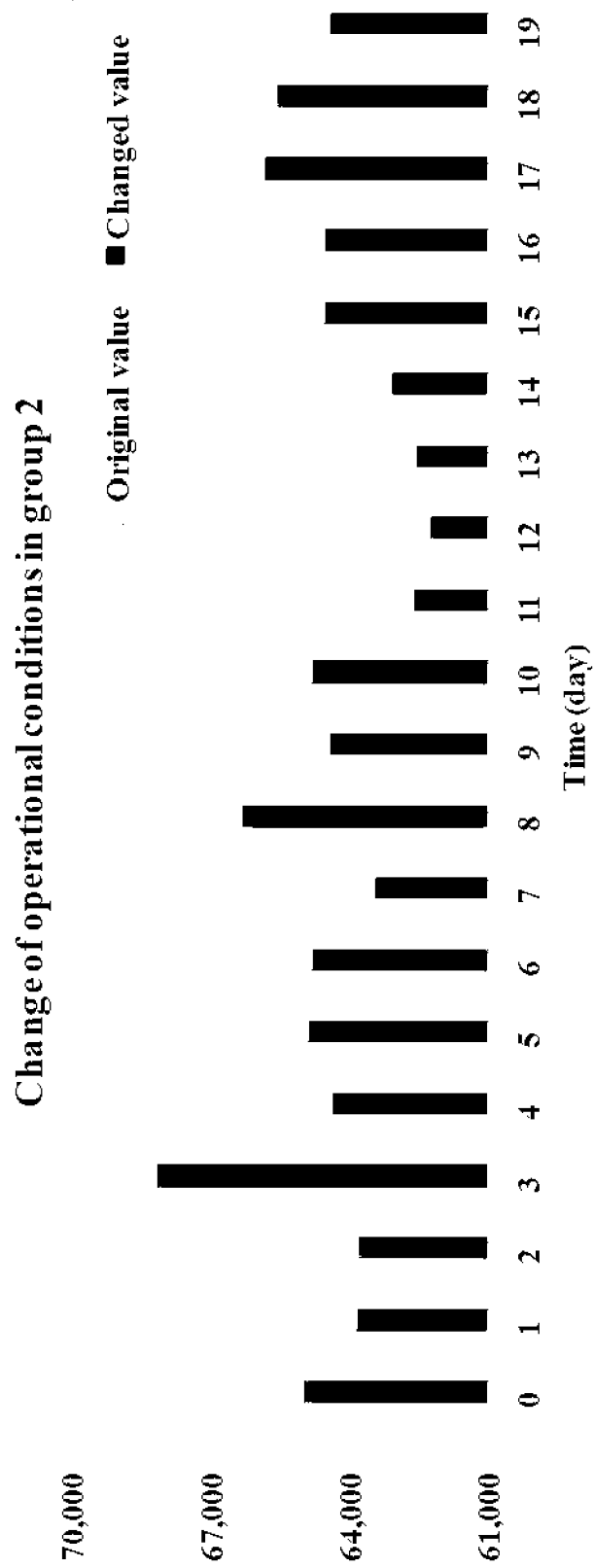
[Fig. 3]



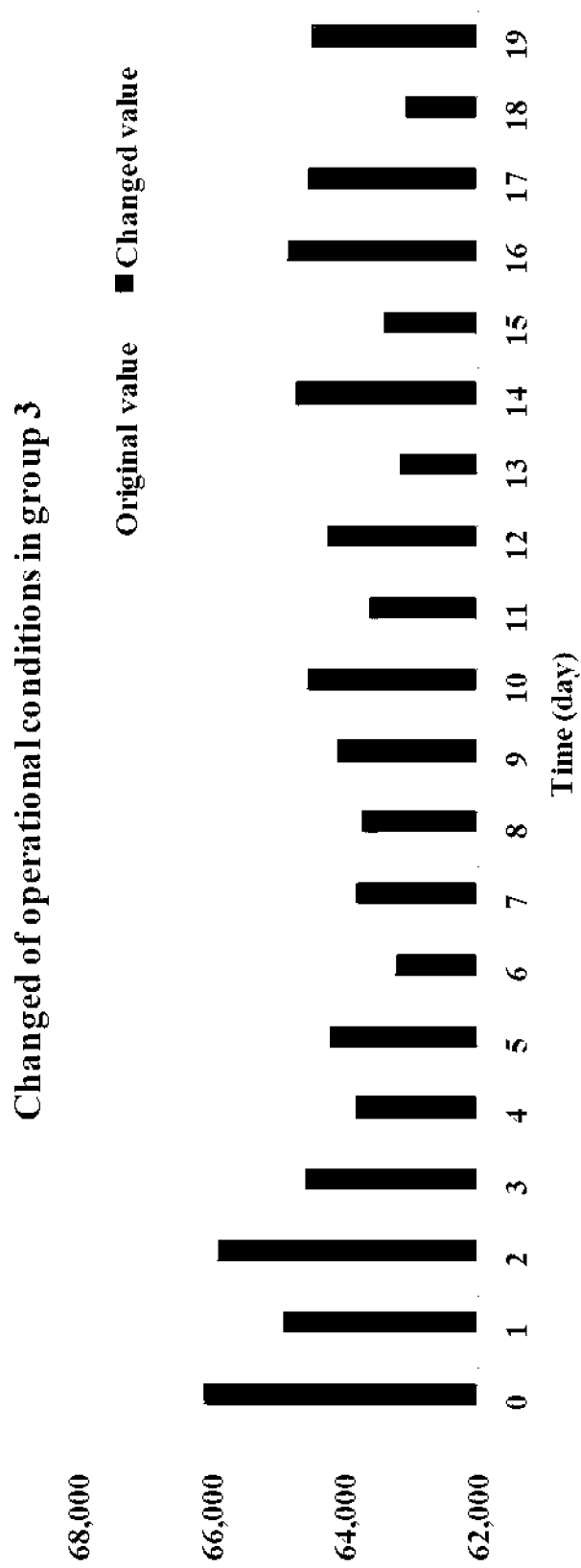
[Fig. 4]



[Fig. 5]



[Fig. 6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2013/002580

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06F 19/00(2011.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06F 19/00; G06Q 50/26

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Japanese Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: wastewater, plant, energy, saving, actuator, multivariate, sewage disposal, energy, multivariate statistical analysis

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KR 10-2009-0078502 A (PUSAN NATIONAL UNIVERSITY INDUSTRY-UNIVERSITY COOPERATION FOUNDATION) 20 July 2009 See paragraphs 11-17, 29, 32, 60; and figures 1-5.	1-7
A	LEE, Byeong Guk, "Study on Expansion Plan of Automatic Facilities Large-scale Sewage Treatment Plants", In: KEI/2000 research report, Korea Environment Institute, December 2000, pp. 1-57 See page 1, lines 1-20; and page 48, lines 20-28.	1-7
A	KIM, Min Jeong et al., "Design of a Wastewater Treatment Plant Upgrading to Advanced Nutrient Removal Treatment Using Modeling Methodology and Multivariate Statistical Analysis for Process Optimization", In: Korean Chem. Eng. Res., vol. 48, October 2010, pp. 589-597 See page 593, lines 20-40.	1-7
A	KIM, Hyo Soo et al., "Development of Diagnosis Algorithm for Energy Consumption State with Data Mining Technologies in Wastewater Treatment Plant", In: Journal of 2010 Common Conference, Korea Society on Water Environment, IIsan KINTEX, 21 March 2012, pp. 320-321 See page 320, lines 1-35.	1-7
A	OSAMU YAMANAKA et al., "A Knowledge Discovery Assistance Method Using Multivariate Statistics for Efficient Wastewater Treatment Plant Operation", In: Journal of Water and Environment Technology, Japan, vol. 10, 2012, pp. 87-99 See page 87, lines 1-20; and page 88, lines 1-15.	1-7



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 JULY 2013 (26.07.2013)

Date of mailing of the international search report

29 JULY 2013 (29.07.2013)

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon, 189 Sconsa-ro, Daejeon 302-701,
Republic of Korea

Facsimile No. 82-42-472-7140

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2013/002580

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KE 10-2009-0078502 A	20/07/2009	NONE	

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

G06F 19/00(2011.01)

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

G06F 19/00; G06Q 50/26

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌

한국등록특허공보 및 한국공개특허공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC
일본등록특허공보 및 일본공개특허공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))

eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: wastewater, plant, energy, saving, actuator, multivariate, 하수처리장, 에너지, 다변량 통계 분석

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
A	KR 10-2009-0078502 A (부산대학교 산학협력단) 2009.07.20 단락 11-17, 29, 32, 60; 및 도면 1-5 참조.	1-7
A	이병국, `대규모 하수종말처리시설의 자동화설비 확대방안 연구`, In: KBI/2000 연구보고서, 한국환경정책평가연구원, 2000.12, pp. 1-57 페이지 1, 라인 1-20; 및 페이지 48, 라인 20-28 참조.	1-7
A	김민정 외 3명, `하수처리장의 고도처리 upgrading 설계와 공정 최적화를 위한 다변량 통계분석`, In: Korean Chem. Eng. Res., Vol. 48, 2010.10, pp. 589-597 페이지 593, 라인 20-40 참조.	1-7
A	김효수 외 6명, `하수처리장에서 데이터마이닝 기법 적용을 통한 에너지 소비 현황 진단 알고리즘 개발`, In: 2010 공동학술발표회 논문집, 한국물환경학회, 일산 컨텍스트, 2012.03.21, pp. 320-321 페이지 320, 라인 1-35 참조.	1-7
A	OSAMU YAMANAKA 외 5명, `A Knowledge Discovery Assistance Method Using Multivariate Statistics for Efficient Wastewater Treatment Plant Operation`, In: Journal of Water and Environment Technology, Japan, Vol. 10, 2012, pp. 87-99 페이지 87, 라인 1-20; 및 페이지 88, 라인 1- 15 참조.	1-7



추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.



대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

"A" 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌

"T" 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌

"E" 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌

"X" 특별한 관련이 있는 문헌 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.

"L" 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌

"Y" 특별한 관련이 있는 문헌 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.

"O" 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌

"&" 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

"P" 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

국제조사의 실제 완료일

2013년 07월 26일 (26.07.2013)

국제조사보고서 발송일

2013년 07월 29일 (29.07.2013)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소

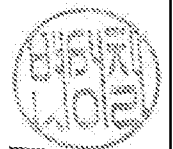
대한민국 특허청
(302-701) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (문산동, 정부대전청사)

팩스 번호 +82-42-472-7140

심사관

변성철

전화번호 +82-42-481-8262



국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-2009-0078502 A	2009/07/20	없음	