

RIMS 데이터 시계열 분석을 통한 도시철도 운용효율 향상
RIMS data time a series analysis a city railroad a use efficiency
improve

이도선* 전형준** 박수중***
Lee, do sun Chun, houg jun Park, soo choong

ABSTRACT

In this paper, Seoulmetro that is the first operation organization which operates a city railroad rolling-stock maintenance RIMS(rolling stock information maintenance system) collected and analyzed a light maintenance data and introduced time a series analysis technique to find the way how to contribute to a use efficiency improvement of a city railroad. The purpose of time a series analysis is to remove a seasonal change including data and to check an irregular fluctuation. First of all, a collection range of the data comes under a light maintenance ,however it needs a data of more than 3 years to check the seasonal change. We put a study for an accumulated scope that the data satisfy a period like this and are able to extend a range of the study when time flies forward. The data used for study is filtered using a movement average method after passing proper selection working and is solved with a method which looks for season index. Using the season index that was gotten in here, we predict a light working frequency, if it has an irregular change , we will contribute it to a city railroad a use efficiency improvement and establish the cause by carrying out prevent maintenance in advance.

1.서론

본 연구는 서울메트로에서 최초로 운영하는 도시철도차량 유지보수 정보화시스템(RIMS, Rolling Stock Information Maintenance System)의 경수선 데이터를 수집·분석하여 도시철도의 운용효율 향상에 기여할 수 있는 방안을 찾고자 시계열 분석기법을 도입하였다. 시계열 분석의 목적은 데이터에 포함되어 있는 계절적 변동을 제거하고 불규칙적인 변동을 확인 하는 것에 있다. 우선 데이터의 수집 범위는 모든 경수선 작업이 해당되나, 계절적 변동을 확인하기 위한 3년 이상의 데이터가 필요하게 된다. 이와 같은 기간을 만족시키는 장기간의 데이터가 축적된 범위에 한해서 연구를 시행하였으며 앞으로 시간이 지나게 되면 연구의 범위를 늘려갈 수 있을 것이다. 연구에 사용된 데이터는 적절한 선별작업을 거친 후 이동평균법으로 평활하여 계절지수를 구하는 방식으로 하였다. 여기에서 얻어진 계절지수를 활용하여 계절별 경수선 작업 빈도를 예측하고, 불규칙 변동이 있다고 판정되는 경우 그 원인을 밝혀 사전에 예방정비를 시행함으로써 도시철도 운용효율 향상에 기여하고자 한다.

* 이 도 선: 정회원, 서울Metro,군자차량사무소기술팀

E-mail : dosun8940@hanafos.com

TEL : (02)6110-6401 FAX : (02)6110-6404

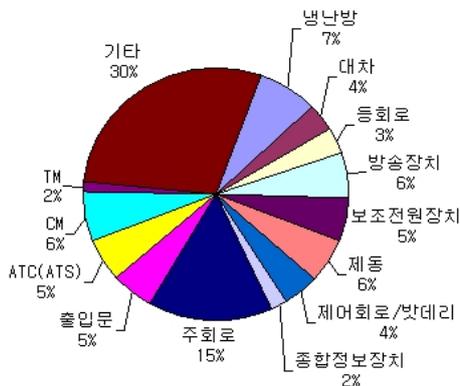
** 전 형 준: 비회원, 서울Metro,군자차량사무소기술팀

***박 수 중: 정회원, 서울Metro,군자차량사무소기술팀

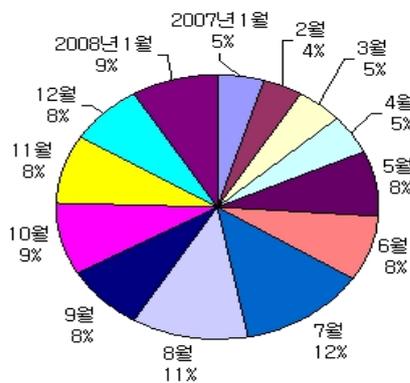
2. 검수작업 현황

서울Metro의 도시철도차량은 우리나라 도시철도 역사라 할 만큼 다양한 제어방식의 여러 차종이 운행되어지고 있다. 그 종류를 제어방식 및 전기방식 제작사별로 나누면 여러 가지 차종으로 분류할 수 있지만 다음의 자료는 16종으로 크게 분류하였다. 자료의 수집범위는 RIMS 시스템의 개발 이후 현장에 적용된 시점인 2007년 5월 이후부터 자료를 수집 하였으며, 예외적으로 창동차량사무소는 2004년부터, 군자차량사무소는 2007년 1월부터 수집하였다. 총 건수로는 235,438건의 자료를 수집하였다.

서울메트로가 운용중인 모든 차종에 대한 차량장애와 관련성이 있다고 생각되는 검수작업현황을 살펴 보기 위하여 데이터에 대한 선 처리작업이 이루어졌다. 자료의 선 처리는 통계에 사용된 모든 자료의 불필요한 부분을 제외한 상태에서 다루어 졌으며, 기초 자료에서 제외가 된 부분은 소모품의 단순 교환 작업, 주기 도래에 의한 교환 작업은 제외가 되었다. 이렇게 자료를 선 처리한 후 총 38,674건의 자료를 선별하였으며 총 건수 대비 16.4%만이 통계 분석에 사용되었다.



〈그림 1〉 장치별 검수 총계



〈그림 2〉 월별 검수 총계

날짜	냉난방	대차	등회로	방송장치	보조전원장치	제동	제어회로/밧데리	종합정보장치	주회로	출입문	ATC(ATS)	CM	TM	기타	월간총계
2007년1월	31	59	63	100	129	113	121	23	223	116	40	105	103	580	1806
2월	23	53	53	92	108	72	70	24	183	107	52	92	128	472	1529
3월	14	60	59	83	193	90	110	13	279	112	41	90	81	500	1725
4월	38	46	75	96	250	87	70	21	266	201	51	109	116	469	1895
5월	223	86	87	114	352	167	160	25	388	166	85	115	122	789	2879
6월	494	97	88	104	318	175	136	24	363	142	89	182	111	769	3092
7월	776	112	115	150	330	281	237	26	474	220	159	218	102	1027	4227
8월	990	103	129	194	406	228	263	54	549	197	90	203	75	956	4437
9월	315	100	95	119	292	232	198	34	452	188	138	217	41	757	3178
10월	144	88	121	130	364	290	176	34	513	214	103	220	102	906	3405
11월	96	119	131	148	469	297	197	27	502	193	125	258	62	917	3541
12월	77	104	133	142	374	254	206	41	431	205	140	372	37	763	3279
2008년1월	107	148	148	168	364	355	223	40	387	216	230	230	146	919	3681
장치별 총계	3328	1175	1297	1640	3949	2641	2167	386	5010	2277	1343	2411	1226	9824	38674

〈표 1〉 전동차 검수작업 총계

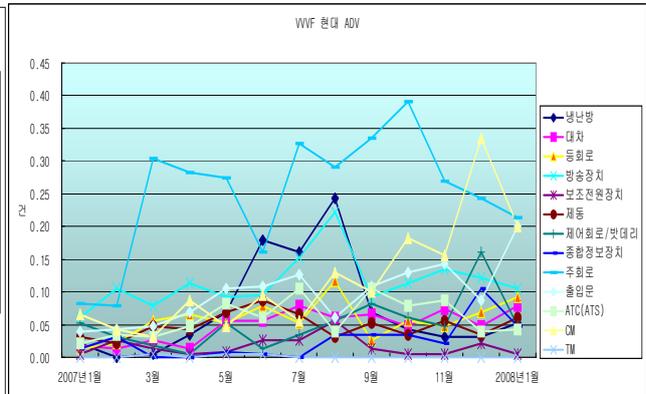
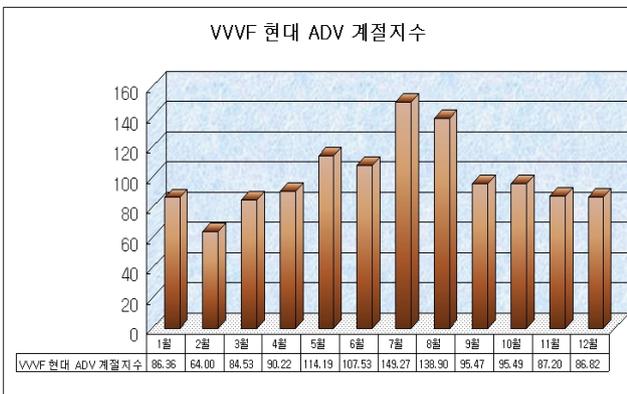
5개 차량기지 7개 검수팀에서 16개 차종에 대해 이루어진 검수작업현황을 표1과 그림1,2를 통해 살펴 보면 장치별로는 주회로장치 15% 제동장치6% 보조전원장치5% 출입문장치5% 순으로 나타났으며, 계절별로 살펴보면 여름철인 7월에 12%, 8월에 11%로 검수작업이 집중되어 이루어짐을 알 수 있다.

3. 시계열 분석

시계열 분석은 검수 작업 평균값에 대한 각 계절별 비율을 의미 한다. 예를 들어 전년도 평균값이 100 이고 1월의 계절지수가 110일 경우 예상되는 1월의 작업 건수는 110이 된다. 다시 말하면 측정된 자료 에서 계절적인 변동성을 제외하고 불규칙한 변동성을 포착할 수 있도록 도와준다. 다음 단계에서 검수 작업의 계절 지수를 구해 봄으로써 각 계절별 검수작업을 가능해 볼 수 있다.

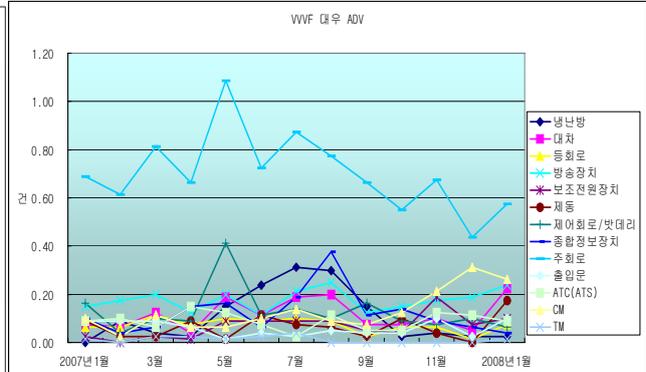
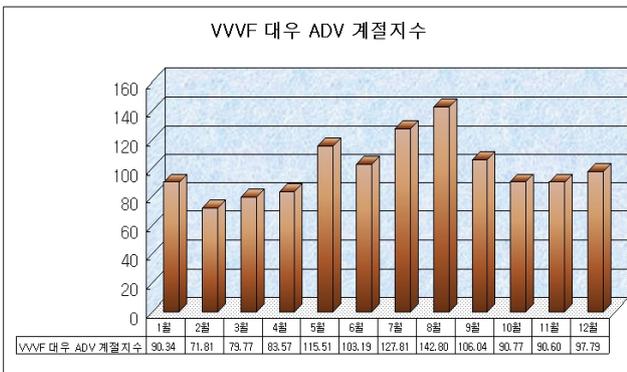
3.1 차종별 계절지수

시계열 부분의 경우 시계열 분석이 가능한 3년 이상의 데이터가 있는 4호선 창동차량사무소의 자료를 가지고 분석을 하였다. 4호선에 운행되고 있는 전동차는 VVVF인버터제어 차량으로 1993~1995년 도입되었으며, 10량 1편성으로 총 47개편성이 운행되고 있다. 차량을 제작사, 전기의 형식으로 구분하면 총 5종의 차량이 운행되고 있다. 다음의 자료는 대우/현대 복합차량에 대해서도 M car를 기준으로 총 4개 차종으로 분류하여 데이터를 분석하였다.



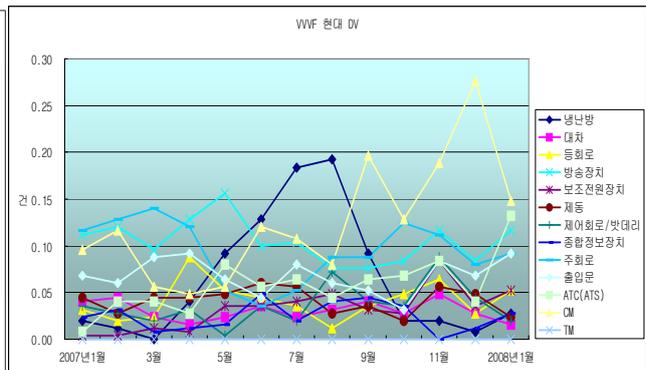
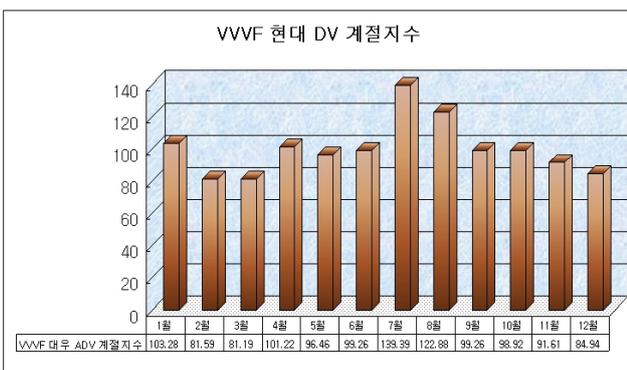
<그림 3> 현대 ADV차량 계절지수

<그림 4> 현대 ADV차량 월별작업현황



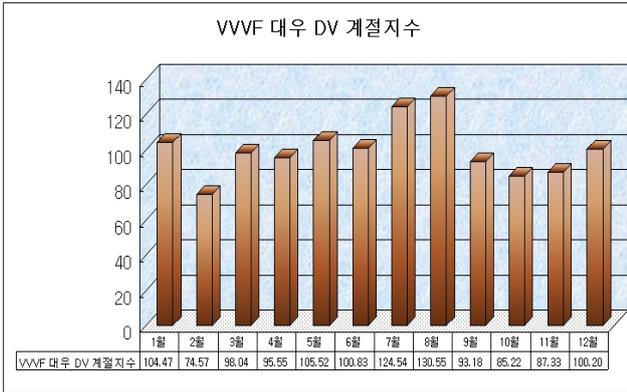
<그림 5> 대우 ADV차량 계절지수

<그림 6> 대우 ADV차량 월별작업현황

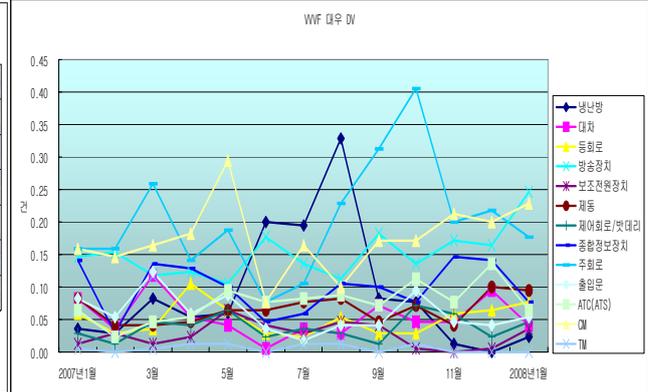


<그림 7> 현대 DV차량 계절지수

<그림 8> 현대 DV차량 월별작업현황



<그림 9> 대우 DV차량 계절지수

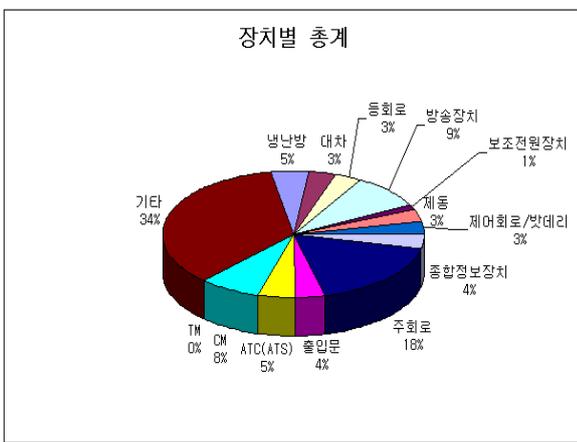


<그림 10> 대우 DV차량 월별작업현황

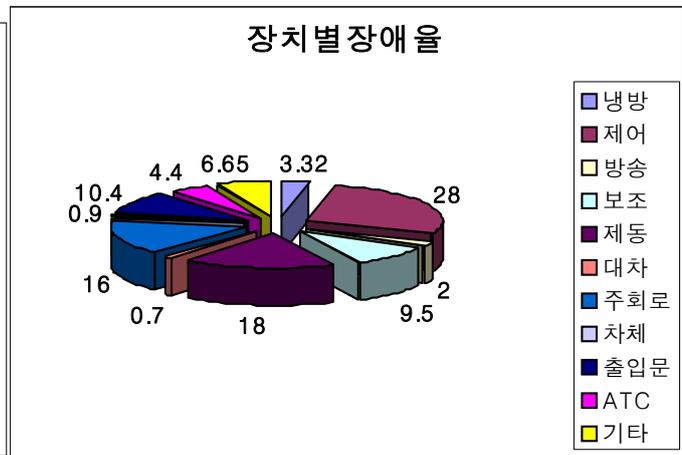
4호선에서 운행중인 전동차의 차종별 검수작업에 대한 계절지수를 살펴보면, 차종에 상관없이 여름철인 7월과 8월에 검수작업이 증가함을 알 수 있다. 이는 냉난방 장치에 대한 작업증가가 주원인이며 그 밖에 주회로장치 및 보조전원장치의 여름철 작업량 증가 때문이므로 여름철에 주회로장치 및 보조전원장치 작업 증가에 대한 원인파악 및 대책이 마련되어야 할 것이다. 또한 겨울철에도 다소 검수작업량이 증가됨을 알 수 있는데 이는 등회로 장치의 겨울철 작업량 증가가 주원인이며 그밖에 출입문장치 및 방송장치의 겨울철 작업량 증가 때문이다.

그밖에 특별한 장치의 작업량의 증가 없이 현대DV는 4월과 5월, 그 밖의 차종에서는 5월에 계절지수가 다소 높게 나타나는데 이에 대한 원인파악 및 대책 수립이 필요하다.

3-2 장치별 검수작업과 장애관계



<그림 11> 4호선차량 작업현황



<그림 12> 4호선차량 장치별 장애현황

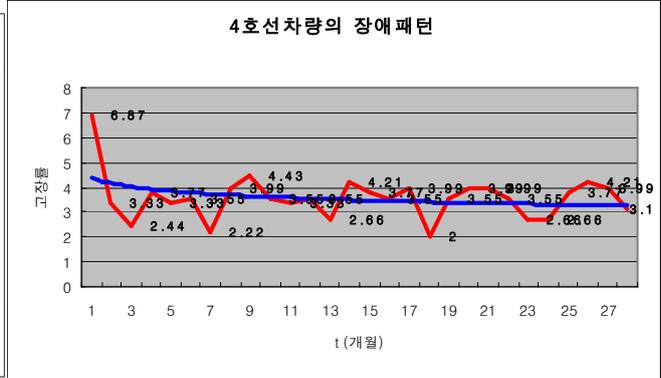
운행 중 차량교환이 이루어진 4호선 전차종의 장치별 장애율을 살펴보면, 제어장치 28%, 제동장치 18%, 주회로장치 16%, 출입문 10.4%, 보조회로장치 9.5%, 신호장치(ATC)순으로 나타나고, 검수작업현황을 살펴보면 기타 34% 주회로장치 16% 방송장치 9% 주공기압축기 8% 냉난방장치 5% 출입문장치 5%의 순으로 나타난다. 검수작업과 장애가 일치되는 장치는 주회로 장치와 신호장치 등이며, 검수작업과 장애 간 차이가 큰 장치에는 제어회로 약 9배 보조전원장치 9.5배 제동장치 6배 출입문장치 2.5배로 나타난다. 이는 이들 장치가 일상검수단위의 작업에서 고장배제나 고장검지가 어려운 장치들이기 때문이라 판단되며, 월상검사나 중 정비 과정에서 세심한 정비가 이루어져야 할 것이다. 또한 일상검사 단위에서도 고장이 검지되어 고장예방작업이 이루어질 수 있는 연구 및 방법이 강구되어야 한다.

3-3 계절지수와 장애 패턴과의 관계

다음은 장치별 계절지수와 고장패턴을 살펴봄으로써 검수작업의 주기성과 고장의 주기성 및 불규칙성을 살펴보고 서로의 연관관계를 유추하였다. 계절지수는 2004.10.4~2007.12.31까지의 3년간의 통계자료를 월별로 정리하였고, 고장통계자료는 2005.1.1~2007.8.31까지의 고장자료로 중정비를 마치고 영업운전을 시작하여 다시 중정비를 받을 때까지의 고장패턴을 살펴본 것이다.

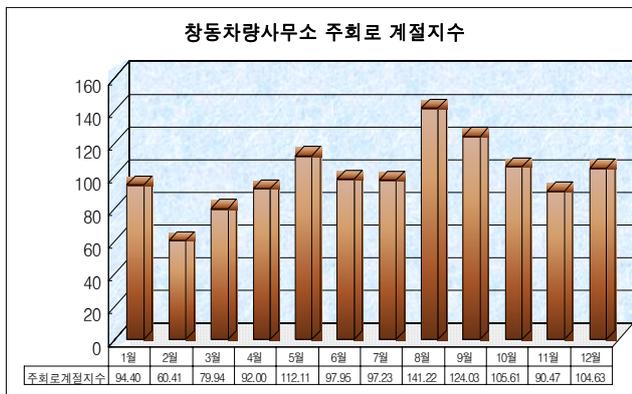


〈그림 13〉 4호선차량 계절지수

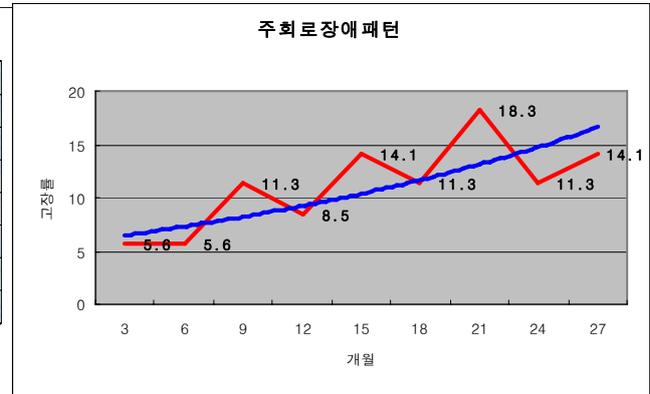


〈그림 14〉 4호선차량 장애패턴

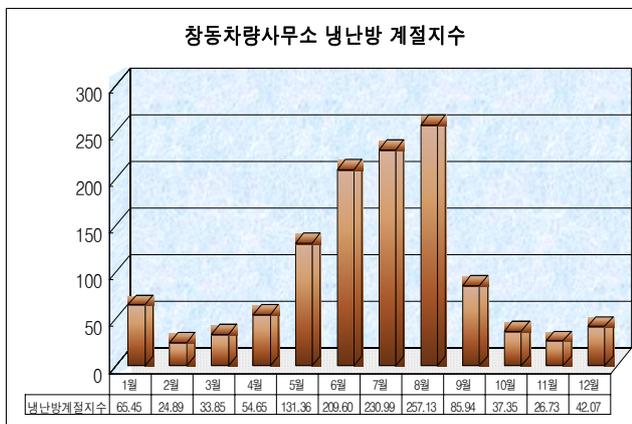
4호선 차량의 검수작업에 대한 계절지수를 살펴보면 겨울철에 조금 증가했다가 봄·가을로는 감소하고 여름철에 검수작업이 크게 증가함을 알 수 있다. 또한 장애 역시 어떠한 주기를 가지고 발생하는 것을 알 수 있다. 전체시스템에 대한 검수작업과 장애와의 주기성은 정확히 일치하지는 않으나 어떠한 상관관계가 있음을 알 수 있다.



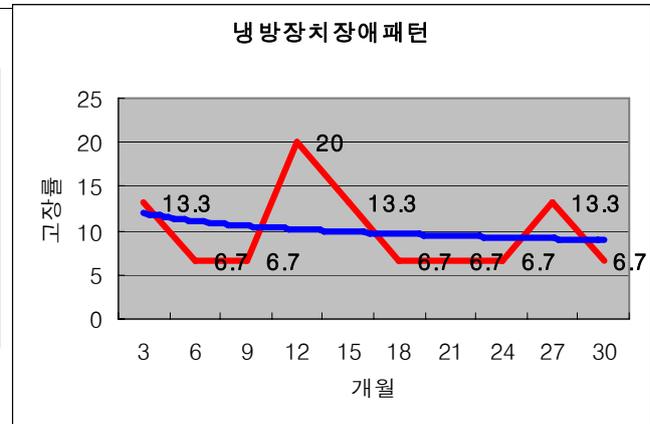
〈그림 15〉 4호선차량 주회로장치 계절지수



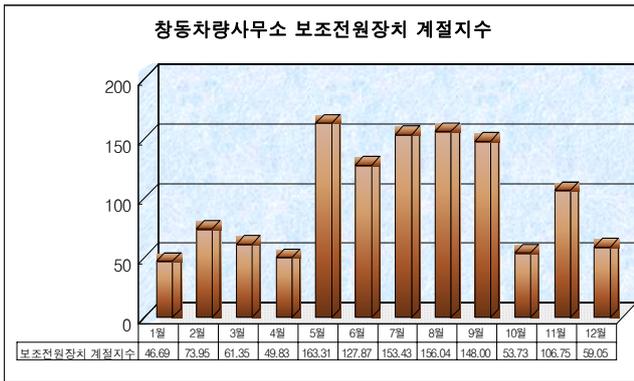
〈그림 16〉 4호선차량 주회로 장애패턴



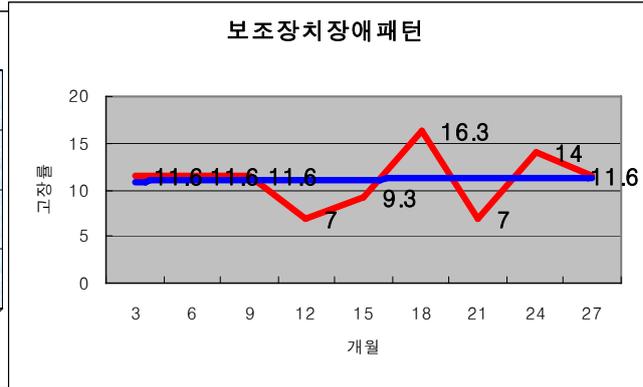
〈그림 17〉 4호선차량 냉난방장치 계절지수



〈그림 18〉 4호선차량 냉난방장치 장애패턴



<그림 19> 4호선차량 보조전원장치 계절지수



<그림 20> 4호선차량 보조전원장치 장애패턴

계절지수가 분명한 주회로장치, 보조전원장치, 냉방장치를 살펴보면 계절지수에 의한 주기성과 장애에 의한 주기성이 밀접하게 연관되어 있음을 알 수 있다. 특히 냉방장치의 경우 그 주기성이 상당부분 일치하는 것을 알 수 있다.

4. 계절지수와 장애의 상관관계 검증

4호선차량의 계절지수와 실제 발생된 장애패턴의 표본상관계수를 구해보면 다음과 같다.

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
계절지수	98	74	89	95	107	100	136	130	94	93	90	95
장애	3.33	2.44	3.77	3.33	3.55	2.22	3.99	4.43	3.55	3.33	3.55	2.66
상관계수	0.63											

<표 2> 4호선차량의 계절지수와 장애패턴의 상관계수

위의 상관계수가 의미 있음을 귀무가설 $H_0 : \rho = 0$ 와 표본이 t-분포를 따른다는 가설하에 유의수준 5%내에서 검정해보면 상관계수 $\bar{r} = 0.63$ 이고 검정통계량 $t_0 = \frac{\bar{r}\sqrt{(n-2)}}{\sqrt{1-\bar{r}^2}} = 2.565$ 이므로 $t_0 = 2.565 > t_{(10, 0.025)} = 2.228$ 이 성립되므로 귀무가설이 기각된다.

그러므로 계절지수와 실제 발생된 장애패턴의 상관관계가 유의수준 5% 이내로 의미가 있음을 알 수 있다.

5. 결론

검수작업에 대한 시계열분석 및 장애패턴 분석은 장애에 대한 효과적인 검수작업 방법을 찾기 위함이다. 분석을 통하여 구한 계절지수를 검정해 보면 유의수준 5% 이내로 의미가 있음을 알 수 있으며 그 분석의 결과로 전동차 운행중에 발생하는 장애와 검수작업은 일정한 주기성을 가지고 있으며, 검수작업과 장애발생 비율도 일정부분 차지하지만 불규칙성 장애와 검수작업도 존재한다는 것을 알 수 있다. 따라서 이들 장치에 대한 검수작업과 장애발생이 상이한 장치들에 대한 사전 검수작업과 불규칙성을 가지는 장치에 효과적 검수방법이 강구되어야 한다.

- 가) 여름철인 7월과 8월에 검수작업 및 장애가 증가되는 냉난방 장치에 대해서는 여름 이전에 사전정비 및 검수가 이루어져야 하며, 주회로 장치 및 보조전원장치의 여름철 작업량이 증가하는데 이에 대한 원인파악을 통해 사전정비가 이루어질 때 여름철 작업량을 줄일 수 있다.
- 나) 특별한 장치의 작업량 증가 없이 현대DV 차량의 4월과 5월, 그 밖의 차종에서는 5월에 계절지수가 다소 높게 나타나는데 이에 대한 원인파악 및 대책이 수립될 필요가 있다.
- 다) 일상검사 작업과 고장 간 차이가 큰 장치들에 대해서는 일상검사나 중정비 과정에서 세심한 정비가 이루어져야 할 것이며, 또한 일상검사에서도 장애에 대비한 사전 검지방향이 강구되어야 한다.
- 라) 주기성을 가지는 장치에 대해서는 사전정비를 통해 작업의 편중 및 장애를 예방할 수 있으나, 불규칙성 작업 및 고장에 대해서는 더 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

*** 참고자료**

1. “경제물리학과 시계열분석” “김경식 · 김수용” 저 물리학과 첨단기술 October pp35-36, 2007
2. “RIMS데이터를 활용한 전동차 운행 신뢰성 향상방안” “박수중 · 이도선” 저 한국철도학회: 학술대회지, 한국철도학회 07년 추계학술대회 논문집, pp57-64, 2007
3. “철도시스템 RAM 관리체계 구축을 위한 기반연구”, “박준서” 저 한국철도기술연구원 편 pp4-11, 2005
4. “시계열분석에 의한 국제유가예측” “송경재, 양희건” 저 통계연구 제10권 제1호 pp62-81 2005